

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Marijana Jurić, apsolvant

Diplomski studij Zootehnika, smjer Specijalna zootehnika

**ACIDO-BAZNA RAVNOTEŽA U KRVI KRAVA HOLSTEIN PASMINE**  
**TIJEKOM PRIJELAZNOG RAZDOBLJA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2015.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Marijana Jurić, apsolvant

Diplomski studij Zootehnika, smjer Specijalna zootehnika

**ACIDO-BAZNA RAVNOTEŽA U KRVI KRAVA HOLSTEIN PASMINE**  
**TIJEKOM PRIJELAZNOG RAZDOBLJA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Marijana Jurić, apsolvant

Diplomski studij Zootehnika, smjer Specijalna zootehnika

**ACIDO-BAZNA RAVNOTEŽA U KRVI KRAVA HOLSTEIN PASMINE  
TIJEKOM PRIJELAZNOG RAZDOBLJA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Marcela Šperanda, predsjednica
2. Doc. dr. sc. Mislav Đidara, mentor
3. Mirela Pavić, dr. med. vet., član

Osijek, 2015.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	3
2.1. PRIJELAZNO RAZDOBLJE .....	3
2.2. ACIDO-BAZNA RAVNOTEŽA .....	5
2.3. ODNOS KATIONA I ANIONA U OBROCIMA .....	7
2.4. RAVNOTEŽA TJELESNIH TEKUĆINA I ELEKTROLITA .....	9
2.5. POREMEĆAJI ACIDO-BAZNE RAVNOTEŽE.....	17
2.6. ANIONI SKUPINE PROCJEP.....	21
2.7. BIKARBONATI I UKUPNI UGLJIKOV DIOKSID .....	22
2.8. PUFERSKI SUSTAVI.....	22
3. MATERIJAL I METODE .....	24
3.1. MATERIJAL .....	24
3.2. METODE.....	25
4. REZULTATI .....	27
5. RASPRAVA.....	35
6. ZAKLJUČAK.....	40
7. POPIS LITERATURE.....	42
8. SAŽETAK .....	45

9. SUMMARY .....	46
10. POPIS TABLICA .....	47
11. POPIS SLIKA.....	48
12. POPIS GRAFIKONA.....	49
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	50
BASIC DOCUMENTATION CARD .....	51

## 1. UVOD

Prijelazno razdoblje kod mliječnih krava je period na kraju suhostaja, odnosno posljednja tri tjedna prije teljenja te vrijeme rane laktacije tijekom prva tri tjedna nakon teljenja. U tom se razdoblju u organizmu događaju velike fiziološke promjene, s obzirom na to da započinje proizvodnja mlijeka. Od izrazite važnosti je održavati pravilnu hranidbu krava u prijelaznom razdoblju kako bi se izbjegao nastanak metaboličkih poremećaja, kao što su acidoza buraga, dislokacija sirišta i mliječna groznica, koje onemogućuju postizanje maksimalne proizvodnje mlijeka.

Acido-bazna ravnoteža je poseban homeostatski mehanizam organizma koji nastoji održati odnos kiselina i baza, odnosno održati određenu pH vrijednost. Podrazumijeva regulaciju koncentracije vodikovih iona ( $H^+$ ) u izvanstaničnim tekućinama, parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida putem dišnog sustava te koncentracije bikarbonatnih iona ( $HCO_3^-$ ) u plazmi pomoću bubrega. Homeostaza se očituje ravnotežom između unosa i uklanjanja vodikovih iona iz tijela.

Obzirom da je organizam vrlo osjetljiv na promjene pH vrijednosti, ovim mehanizmima postiže se održavanje pH tjelesnih tekućina u uskim granicama, jer je opće poznato da veće promjene pH vrijednosti uzrokuju denaturaciju proteina, samim time i prestanak katalizatorskog djelovanja enzima u organizmu, odnosno prestanka brojnih tjelesnih funkcija, što može imati i letalne posljedice.

Na acido-baznu ravnotežu uvelike utječe i unos bilo kojeg mineralnog kationa ili aniona u organizam te je stoga određena i razlikom između količine apsorbiranih aniona i kationa unesenih hranom. Postoje i takozvani „fiksni“ ioni, kao što su natrij ( $Na^+$ ), kalij ( $K^+$ ) i klor ( $Cl^-$ ), odnosno biološki dostupni ioni koji se ne metaboliziraju, a njihova ravnoteža ima značajnu ulogu u održavanju acido-bazne ravnoteže u tjelesnim tekućinama.

Važan mehanizam regulacije acido-bazne ravnoteže čine puferski sustavi u organizmu, čiji je cilj održavanje normalnih koncentracija vodikovih iona u izvanstaničnim i unutarstaničnim tekućinama.

Metabolički poremećaji acido-bazne ravnoteže podrazumijevaju nastanak acidoze ili alkaloze. Acidoza označava stanje povećane koncentracije  $H^+$  iona, kao i pad pH vrijednosti, dok je alkalozna stanje koje se očituje smanjenjem koncentracije  $H^+$  iona, odnosno porastom pH vrijednosti. Takva stanja moguće je utvrditi pomoću uzoraka venske krvi koji se analiziraju uređajima za mjerenje plinova u krvi. Navedeni uređaji osim parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida ( $p(CO_2)$ ) i kisika ( $p(O_2)$ ) također utvrđuju pH i koncentraciju bikarbonatnih iona. Uz ove pokazatelje, određuju se i drugi korisni pokazatelji koji daju uvid u stanje acido-bazne ravnoteže kod mliječnih krava, kao što su: koncentracije iona ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ), zatim višak baza, anionski procjep, koncentracija ukupnog ugljikovog dioksida ( $tCO_2$ ) te zasićenost krvi kisikom. Cilj ovog istraživanja bio je određivanjem navedenih pokazatelja utvrditi acido-baznu ravnotežu kod krava holstein pasmine tijekom prijelaznog razdoblja.

## **2. PREGLED LITERATURE**

### **2.1. PRIJELAZNO RAZDOBLJE**

Prvih nekoliko dana nakon teljenja predstavlja najkritičnije razdoblje u životu mliječnih krava s fiziološke strane. O pravilnom držanju krava pri prelasku iz suhostaja u laktaciju ovisi daljnji tijek proizvodnje mlijeka. Tijekom prijelaznog razdoblja najvažniji čimbenik je pravilna hranidba kojom se trebaju izbjeći pojave metaboličkih poremećaja i postići maksimalna proizvodnja mlijeka (Bethard i Stokes, 2000.).

Metabolički poremećaji u prijelaznom razdoblju nastaju kao posljedica poremećenih funkcija i biokemijskih procesa u organizmu. Primjer su poremećaji nastali nedovoljnim razinama minerala u krvi poput kalcija ili neodgovarajući pH buraga. Krave koje se oporavljaju od metaboličkih poremećaja su manje produktivne i više podložne nastanku sekundarnih zdravstvenih poremećaja poput ketoze, mastitisa, zaostajanja posteljice i izvale maternice. Najčešći metabolički poremećaji tijekom prijelaznog razdoblja su acidoza buraga, mliječna groznica i dislokacija sirišta (Bethard i Stokes, 2000.).

Ukoliko se krave tijekom prijelaznog razdoblja hrane lako fermentirajućim ugljikohidratima, pH vrijednost buragova sadržaja pada ispod fiziološke razine uslijed čega nastaje visoki rizik od kliničke acidoze buraga. Taj se rizik može izbjeći ograničavanjem visoko energetske obroka te održavanjem konzumacije voluminoznih krmiva visoke kvalitete (Bethard i Stokes, 2000.).

Mliječna groznica (puerperalna pareza) nastaje zbog izrazite hipokalcemije pri ili neposredno nakon teljenja, posebice kod visokoproizvodnih grla. Očituje se nesvjesticom i paralizom, a krave s izrazitom hipokalcemijom također su podložne zaostajanju posteljice, izvali maternice i mastitisu. Neposredno nakon teljenja velike količine kalcija iz organizma odlaze u mlijeko, a nagli gubitak kalcija potrebno je nadoknaditi povećanom apsorpcijom kalcija u crijevima te mobilizacijom kalcija iz kostiju koje su tjelesni rezervoar kalcija.



Često apsorpcija kalcija u crijevima i reapsorpcija iz kostiju ne mogu zadovoljiti povećane potrebe za kalcijem, tako da nastaje hipokalcemija (Bethard i Stokes, 2000.).

Dislokacija sirišta očituje se pomicanjem sirišta u lijevu ili u desnu stranu. Sirište se tako može uviti, te djelomično blokirati probavni trakt. Dislokacija sirišta obično se javlja unutar mjesec dana od teljenja, a može biti primarni poremećaj ili sekundarno oboljenje uslijed nekog metaboličkog poremećaja. Krave u ranoj laktaciji sa smanjenom konzumacijom suhe tvari, te one kojima su obroci naglo promjenjeni, pokazuju veći rizik za nastankom dislokacije sirišta. Smanjena aktivnost sirišta može također dovesti do njegove dislokacije, a javlja se kao posljedica smanjene razine kalcija u krvi, s obzirom da kalcijevi ioni imaju značajnu ulogu u mišićnoj kontrakciji. Kako bi se smanjio rizik od dislokacije sirišta, važno je održavati konzumaciju suhe tvari, održavati pravilnu acido-baznu ravnotežu i provjeravati pojavu simptoma mliječne groznice (Bethard i Stokes, 2000.).

U razdoblju prije teljenja važno je održavati adekvatnu konzumaciju hrane i održavati acido-baznu ravnotežu. Bethard i Stokes (2000.) su istraživali konzumaciju hrane kod krava 5 do 10 dana prije teljenja te utvrdili da može biti i do 35% niži nego kod tek zasušenih krava. Kao razlog smanjene konzumacije hrane navode brojne utjecaje, kao što su pojačano ili smanjeno izlučivanje hormona, pomjeranje fetusa uslijed pripreme za porod i slično. Međutim, uz smanjenu konzumaciju hrane, povećavaju se hranidbene potrebe zbog razvoja fetusa. Dakle, važno je paziti na konzumaciju hrane, s obzirom da nedovoljan unos suhe tvari (ST) ima utjecaj na nastanak dislokacije sirišta i druge poremećaje. Isto tako, sadržaj vlaknine u obrocima ima značajan utjecaj na konzumaciju hrane. Bethard i Stokes (2000.) su također utvrdili da su krave hranjene visokim udjelom vlaknine u obrocima konzumirale do 2,7 kg manje ST u odnosu na krave s umjerenim udjelom vlaknine u obrocima. Osim toga, sastojci obroka za krave u laktaciji trebaju polako biti uvedeni u obroke krava pred teljenje.

Što se tiče acido-bazne ravnoteže kod krava na kraju suhostaja, Horst i sur. (1997.) su određivanjem odnosa kationa i aniona iz obroka (Dietary Cation-Anion Balance, DCAB) utvrdili njegov neizravni učinak na razinu kalcija u krvi. Tako obroci s visokim udjelom aniona kao što je  $\text{Cl}^-$ , uzrokuju metaboličku acidozu i niži pH krvi, što djeluje na povišenje koncentracije  $\text{Ca}^{2+}$  u krvi. Naime, metabolička acidoza povećava odgovor paratireoidnog hormona (PTH), te tako povećava reapsorpciju  $\text{Ca}^{2+}$  iz kostiju. Isto tako,

utvrđeno je da receptori za PTH u kostima bolje funkcioniraju pri nižim vrijednostima pH u krvi. Ovi utjecaji su zapravo pogodni za krave na kraju suhostaja, s obzirom da one imaju veće potrebe za kalcijem kako bi uravnotežile gubitak kalcija mlijekom.

Obroci s negativnim vrijednostima DCAB mogu poslužiti kao prevencija nastanka mliječne groznice kod krava. Treba obratiti pažnju na koncentraciju anionskih soli u takvim obrocima jer preveliki udio  $\text{Cl}^-$  može povećati rizik od smanjene konzumacije suhe tvari. Zbog toga je potrebno prestati s davanjem anionskih soli u obrocima neposredno nakon teljenja. U razdoblju neposredno nakon teljenja, potrebno je kravama osigurati okruženje sa što manje stresnih utjecaja koji bi djelovali na apetit i proizvodnost te motriti moguće simptome daljnjih metaboličkih poremećaja (Bethard i Stokes, 2000.).

## **2.2. ACIDO-BAZNA RAVNOTEŽA**

Acido-bazna ravnoteža podrazumijeva regulaciju parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida putem dišnog sustava te koncentracije bikarbonatnih iona u plazmi pomoću bubrega. Bubrezi reguliraju koncentraciju  $\text{HCO}_3^-$  u plazmi mijenjajući reapsorpciju  $\text{HCO}_3^-$  iona i eliminacijom protona, odnosno  $\text{H}^+$  iona (Reilly i Perazella, 2013.).

Parcijalni tlak ugljikovog dioksida i koncentracija  $\text{HCO}_3^-$  zapravo određuju pH vrijednost tjelesnih tekućina. Uzorci tih tjelesnih tekućina mogu se brzo i lako prikupiti i analizirati uređajima za mjerenje plinova u krvi, koji osim  $\text{p}(\text{CO}_2)$  utvrđuju i pH, te koncentraciju  $\text{HCO}_3^-$  iona. Narušene vrijednosti  $\text{p}(\text{CO}_2)$  smatraju se respiratornim poremećajima, dok se narušene vrijednosti koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  očituju kao metabolički poremećaji (Reilly i Perazella, 2013.).

Regulacija ravnoteže  $\text{H}^+$  iona slična je regulaciji ostalih iona u organizmu. Tako za postizanje homeostaze mora postojati ravnoteža između unosa i uklanjanja  $\text{H}^+$  iona iz tijela. Ukupni unos bilo kojeg mineralnog kationa ili aniona u organizam utječe na njegovu acido-baznu ravnotežu. Prema tome, acido-baznu ravnotežu određuje i razlika između količine aniona i kationa unesenih hranom (Pehrson i sur., 1999.).

pH vrijednost krvi krava pada ukoliko apsorbiraju više aniona u odnosu na katione te obrnuto tome pH vrijednost raste prilikom apsorpcije veće količine kationa u odnosu na anione (Tucker i sur., 1991.).

Pojam „fiksni“ ioni odnosi se na biološki dostupne ione koji se ne metaboliziraju, poput natrija ( $\text{Na}^+$ ), kalija ( $\text{K}^+$ ) i klora ( $\text{Cl}^-$ ). Ravnoteža fiksnih iona ima važnu ulogu u određivanju acido-bazne ravnoteže u tjelesnim tekućinama (Stewart, 1978.). Ovi minerali na indirektan način sudjeluju u metabolizmu preživača, a važni su za osmotsku ravnotežu, acido-baznu ravnotežu i mehanizme pumpi u staničnim membranama.

Također postoje brojni acido-bazni puferski sustavi koji uključuju stanice, krv i pluća, a esencijalni su u održavanju normalne koncentracije  $\text{H}^+$  u izvanstaničnim i unutarstaničnim tekućinama (Guyton, 1986.).

Za razumijevanje nastanka ili gubitka kiselina i baza u organizmu potrebno je kiselinu zamisliti kao elektron akceptor, a ne kao proton donor. Zbog važnosti bikarbonatnog puferskog sustava u sveukupnoj acido-baznoj homeostazi, dodatak protona ( $\text{H}^+$ ) znači smanjenje ukupnih  $\text{HCO}_3^-$ , a gubitak  $\text{H}^+$  je povećanje u koncentraciji  $\text{HCO}_3^-$ . Metaboličkim procesima u organizmu nastaju određene količine kiseline, odnosno  $\text{H}^+$  iona. Bubrezi nastoje održati acido-baznu ravnotežu na dva načina: reapsorpcijom filtriranog  $\text{HCO}_3^-$ , te izlučivanjem viška  $\text{H}^+$  nastalog metabolizmom hranjivih tvari (Reilly i Perazella, 2013.).

### **Održavanje acido-bazne ravnoteže pomoću bubrega**

Bubrezi kontroliraju acido-baznu ravnotežu izlučivanjem kisele ili lužnate mokraće. Izlučivanje kiselina u mokraći reducira količinu kiselina u izvanstaničnim tekućinama. Suprotno tome, izlučivanje lužnate mokraće doprinosi uklanjanju baza iz izvanstanične tekućine (Tucker i sur., 1988.). Osim toga, bubrezi reguliraju gubitak bikarbonata urinom. Bubrezi reguliraju koncentraciju izvanstaničnog  $\text{H}^+$  putem tri osnovna mehanizma: (1) sekrecijom  $\text{H}^+$  iona, (2) reapsorpcijom filtriranog bikarbonatnog iona, (3) proizvodnjom novih bikarbonata.

Mobilizacija  $\text{H}^+$  iona u proksimalnim tubulima bubrega, sekrecija  $\text{H}^+$  i proizvodnja amonijaka u distalnim tubulima bubrega ovise o reapsorpciji  $\text{Na}^+$  koji neutralizira

apsorpciju  $\text{HCO}_3^-$  iz tubularnih stanica u krv (Block, 1994.). Ako je u glomerularnom filtratu prisutan višak  $\text{Cl}^-$ , može doći do izmjene  $\text{Cl}^-$  iz filtrata i  $\text{HCO}_3^-$  iz stanica, što dovodi do reapsorpcije natrijavog klorida ( $\text{NaCl}$ ) i reducirane apsorpcije  $\text{HCO}_3^-$ . Kada je životinja pod stresom uzrokovanim blagom acidozom u izvanstaničnim tekućinama, bubrezi mogu očuvati  $\text{HCO}_3^-$  ione reapsorpcijom, a obrnuto vrijedi za alkalozu (Gaynor i sur., 1989.). Potreban je recipročan ion istog naboja kako bi se očuvala neutralnost, a za tu svrhu organizam koristi  $\text{Cl}^-$  zato što je najzastupljeniji anion u izvanstaničnoj tekućini. Bubrezi imaju glavnu ulogu u regulaciji acido-bazne ravnoteže. Međutim, točna kontrola koncentracije  $\text{H}^+$  iona u izvanstaničnim tekućinama podrazumijeva složenije mehanizme od jednostavnog izlučivanja  $\text{H}^+$  iona putem bubrega.

### **2.3. ODNOS KATIONA I ANIONA U OBROCIMA**

Tjelesna tkiva održavaju acido-baznu ravnotežu regulirajući anione i katione. Anioni su ioni negativnog naboja, a kationi su pozitivno nabijeni ioni. Ukupna količina kationa i aniona u obrocima mora biti uravnotežena. No, čak i kad je njihov omjer u ravnoteži, određeni kationi i anioni mogu imati veće utjecaje na metaboličke procese i sam acido-bazni status životinja u odnosu na druge. Na primjer, ističu se kationi poput  $\text{Na}^+$  i  $\text{K}^+$  te anioni  $\text{Cl}^-$  i  $\text{SO}_4^{2-}$  (Bethard i Stokes, 2000.).

Balans kationa i aniona odnosi se na međuodnose natrija, kalija i klorida. Leach (1979.) navodi kako najštetniji učinak na ravnotežu elektrolita u organizmu ima acidogeno djelovanje viška  $\text{Cl}^-$ , međutim taj se učinak može poništiti alkalogenim djelovanjem  $\text{Na}^+$  i  $\text{K}^+$ .

Kationsko-anionska ravnoteža u obrocima (DCAB) može se definirati kao njihova razlika izražena u miliekvivalentima, odnosno:  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - \text{Cl}^-$  (Iwaniuk i sur., 2015.). Obroci s negativnom vrijednosti DCAB sadrže više ekvivalenata aniona u odnosu na katione, obroci s  $\text{DCAB} = 0$  sadrže jednaki broj ekvivalenata, dok obroci s pozitivnim vrijednostima DCAB sadrže više ekvivalenata kationa u odnosu na anione (Bethard i Stokes, 2000.).

Hu i Murphy (2004.) su utvrdili da DCAB ima značajan utjecaj na acido-baznu ravnotežu preživača i proizvodnju mlijeka, a Oetzel i sur. (1991.) utvrdili su njegov utjecaj na metabolizam kalcija u razdoblju neposredno prije teljenja kod krava i metabolizam fosfora kod mlade teladi. Jackson i sur. (1992.), navode ukoliko su u navedenoj jednadžbi koncentracije  $\text{Na}^+$  i  $\text{K}^+$  povećane, DCAB će se povećati ako sadržaj  $\text{Cl}^-$  ostane isti.

Apsorpcija  $\text{Na}^+$  ili  $\text{K}^+$  je povezana sa stvaranjem  $\text{HCO}_3^-$  u organizmu, dok apsorpcija  $\text{Cl}^-$  povećava stvaranje slobodnih protona ( $\text{H}^+$ ) u organizmu (Takagi i Block, 1991.).

Kao rezultat povećanja DCAB, povećava se i pH vrijednost krvi, dok smanjenje DCAB vrijednosti uzrokuje povećanje koncentracije  $\text{H}^+$  iona u organizmu. Kod krava pogođenih toplinskim stresom često se javlja respiratorna alkalozna uslijed hiperventilacije. Kompenzacijski mehanizmi rezultiraju izlučivanjem bikarbonata urinom, što je pokušaj stvaranja ravnoteže u omjeru ugljikovodične kiseline i bikarbonata u krvi (West i sur., 1991.). Također je utvrđeno da povećanje kapaciteta pufera krvi s povišenim DCAB vrijednostima kod krava s toplinskim stresom djeluje na povećanu konzumaciju suhe tvari, te samim time i povećani unos vode, no postotak mliječne masti i proteina ne mijenjaju se uslijed višeg DCAB.

Apsorpcija jednovalentnih iona iz obroka u probavnom sustavu utječe na sistemsku acido-baznu ravnotežu. Apsorpcija kationa odvija se u izmjeni sa sekrecijom  $\text{H}^+$  iona u probavni sustav, dok se apsorpcija aniona odvija uz sekreciju  $\text{HCO}_3^-$  iona (Tucker i Hogue, 1990.). Može se zaključiti da apsorpcija kationa povećava sistemsko stvaranje baza, a apsorpcija aniona povećava stvaranje kiselina, dakle DCAB će utjecati na acido-baznu ravnotežu krvi.

Negativna vrijednost DCAB znači veće količine aniona u odnosu na katione u obrocima, te se smatra acidogenom. Izrazito acidogeni obroci bogati  $\text{Cl}^-$  nadilaze sposobnost bubrega da izlučuju  $\text{H}^+$  ione, te održavaju pH krvi na normalnoj razini. No, acido-bazna ravnoteža promjenjena acidogenim obrocima ima utjecaj na metabolizam kalcija putem reapsorpcije, crijevne apsorpcije i zadržavanja  $\text{Ca}^{2+}$  bubrezima (Jackson i sur., 2000.).

## **Regulacija DCAB kao prevencija nastanka mliječne groznice**

Početak laktacije kod visokoproizvodnih mliječnih krava predstavlja jedan od najvećih stresova za homeostazu kalcija, pri čemu može nastati mliječna groznica. Na dan teljenja krave proizvedu 10 ili više litara kolostruma koji sadrži oko 23 g kalcija, što je šest puta više nego sadržaj Ca u izvanstaničnom prostoru. Većina krava se prilagodi nastalom stresu brzo povećavajući crijevnu apsorpciju  $\text{Ca}^{2+}$  i reapsorpciju  $\text{Ca}^{2+}$  iz kostiju, koje kontroliraju paratireoidni hormon i 1,25-dihidroksi-vitamin D (Goff i sur., 1991.).

Hranidbeni čimbenici mogu značajno utjecati na pojavu mliječne groznice kod krava. Tako hranidba obrocima s niskim sadržajem kalcija u razdoblju prije teljenja potiče izlučivanje PTH i proizvodnju 1,25-dihidroksi-vitamina D, te na taj način aktivira transport potrebnog  $\text{Ca}^{2+}$  iz kostiju i crijeva, u svrhu prilagodbe na zahtjeve za kalcijem tijekom laktacije (Takagi i Block, 1991.).

Obroci sa negativnim DCAB vrijednostima mogu povećati crijevnu apsorpciju  $\text{Ca}^{2+}$  reducirajući pH u lumenu probavnog sustava, što uzrokuje povećanje topljivijih odnosno ioniziranih oblika  $\text{Ca}^{2+}$ . Na taj način mogu uzrokovati promjenu acido-bazne ravnoteže životinje što dovodi do povećane dostupnosti  $\text{Ca}^{2+}$  iz rezervi izmjenjivog kalcija. Tako prema DeGarisu i Leanu (2008.), hranidba obrocima s niskim ili negativnim vrijednostima DCAB u razdoblju pred kraj suhostaja može potpuno prevenirati nastanak mliječne groznice.

## **2.4. RAVNOTEŽA TJELESNIH TEKUĆINA I ELEKTROLITA**

### **Hematokrit i ukupne bjelančevine u serumu**

Promjene u volumenu plazme uglavnom su uzrokovane promjenama u hematokritu i koncentraciji ukupnih bjelančevina u serumu. Kod dehidracije su promjene hematokrita pouzdaniji pokazatelj promjena volumena plazme jer znatan dio proteina ulazi i izlazi iz cirkulacije. Međutim, kod većine životinjskih vrsta raspon referentnih vrijednosti za

hematokrit je puno širi nego za koncentracije ukupnih bjelančevina. Važno je napomenuti da kod većih životinja, poput konja, uzbuđenje, bol ili otpuštanje katekolamina može dovesti do mobilizacije eritrocita iz slezene, što otežava mjerenje hematokrita, te ga ujedno čini manje pouzdanim pokazateljem za promjene volumena plazme. Promjene hematokrita uvijek će biti manje nego promjene koncentracije ukupnih bjelančevina, bilo da se radi o povećanju ili smanjenju volumena plazme. No, značajne razlike u promjenama koncentracije hematokrita i ukupnih bjelančevina kod životinja sa zabilježenim gubitkom natrija u tjelesnim tekućinama, kao i smanjenog efektivnog cirkulirajućeg volumena krvi, ukazuje na gubitak bjelančevina ili krvi. Tako su smanjene vrijednosti hematokrita i ukupnih proteina pokazatelj gubitka krvi, a povećanje hematokrita s normalnim ili niskim vrijednostima ukupnih bjelančevina često se javlja kod životinja s oboljenjima karakterističnim za gubitak bjelančevina (Smith, 2009.).

### **Natrij ( $\text{Na}^+$ )**

Koncentracija natrija u serumu predstavlja približno omjer izmjenjivog natrija u izvanstaničnim tekućinama i kalija u unutarstaničnim tekućinama s ukupnom količinom vode u organizmu, a određuje se u mmol/L (Smith, 2009.).

Na koncentraciju natrija u serumu najviše utječu promjene u balansu vode u organizmu. Hiponatrijemija je poremećaj uzrokovan nakupljanjem viška vode, dok je hipernatrijemija poremećaj nastao gubitkom vode u organizmu (Smith, 2009.).

Dehidracija je definirana kao gubitak tjelesne vode odnosno smanjenje volumena tekućine, a javlja se zbog raznih uzroka. Fiziološki se dehidracija može podijeliti prema koncentraciji natrija u serumu. Hipertonična dehidracija javlja se kada je gubitak vode u organizmu veći od gubitka elektrolita, odnosno natrija i kalija, a očituje se hipernatrijemijom. Izotonična dehidracija očituje se uravnoteženim gubitkom vode i elektrolita, što otprilike iznosi 140-150 mmol/L natrija i kalija po litri izlučene vode. Koncentracija natrija u serumu ostaje ista zbog toga što nije došlo do promjena ni u relativnom balansu vode, unatoč stvaranju značajnog deficita natrija. Hipotonična dehidracija javlja se u slučaju kada je gubitak izmjenjivih kationa ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ) veći u odnosu na izlučivanje vode, pri čemu dolazi do hiponatrijemije. Hipotonična dehidracija javlja se

kod životinja sa subakutnim ili kroničnim proljevom kod kojeg se javlja značajan gubitak elektrolita te vode, čiji manjak nadomjestite konzumacijom vode (Smith, 2009.).

### Hiponatrijemija

Hiponatrijemija je vrlo često povezana sa stanjima koja uzrokuju gubitak natrija kao što su povraćanje, proljev, prekomjerno znojenje ili poremećena funkcija nadbubrežnih žlijezda. Gubitak elektrolita neće uzrokovati hiponatrijemiju pri početnom gubitku tekućine koji je posljedica navedenih stanja. Međutim, unos vode u organizam, te zadržavanje vode u organizmu pomoću bubrega, ili obje pojave će poremetiti ravnotežu između preostalih izmjenjivih kationa i ukupne vode u organizmu (Smith, 2009.).

Ascites, peritonitis, ruptura mokraćnog mjehura, zatim dislokacija i uvrtnje crijeva su stanja koja uzrokuju nakupljanje tekućine sa sadržajem natrija u tjelesnim šupljinama, odnosno peritonealnoj šupljini. Kada ovakva nakupljanja nastupe brzo, volumen plazme se smanji, pri čemu se može smanjiti i koncentracija natrija u serumu kao posljedica kompenzirajućeg mehanizma bubrega koji uzrokuje zadržavanje vode. Ruptura mokraćnog mjehura kod mladih životinja u vezi je s hiponatrijemijom i hipokloremijom. Kako se nastavlja unos vode, tako se razrijeđena mokraća nakuplja u abdomenu, a natrij, klor i ostali ioni također prelaze iz ostatka izvanstanične tekućine u tekućinu koja se nakuplja u abdomenu. Natrij i klor se na taj način ne izlučuju iz organizma, a utvrđeno smanjenje koncentracije elektrolita zapravo uzrokuju promjene u ravnoteži relativne vode u organizmu. Kod ovakvih životinja mogu se uočiti neurološki simptomi koji su posljedica utjecaja hipotonočine hiponatrijemije na sam središnji živčani sustav, u slučajevima kada koncentracija natrija u serumu pada ispod 115, odnosno 110 mmol/L (Smith, 2009.).

Hiperlipidemija ili hiperproteinemija uzrokuju lažno sniženu vrijednost natrija zato što lipidi i bjelancevine zauzimaju značajni volumen u uzorku seruma ili plazme, a natrij je prisutan samo u tekućoj fazi. Smith (2009.) navodi kako se ovu nestvarnu vrijednost koncentracije natrija može izbjeći uporabom ionsko specifičnih elektroda za točno utvrđivanje elektrolita.

Hiperglikemija uzrokuje sniženje koncentracije natrija u serumu oko 1,6 mmol/L za svakih 100 mg/dcl povećane koncentracije glukoze pri mjerenju. Povišene koncentracije



glukoze djeluju na stvaranje osmotskih sila koje uzrokuju premještanje stanične tekućine u izvanstanični prostor, što smanjuje koncentraciju natrija u plazmi (Smith, 2009.).

Najčešći uzroci hiponatrijemije u organizmu su gubitak tekućine koja sadrži natrij, proljev, prekomjerno znojenje, gubitak krvi, poremećaj rada nadbubrežnih žlijezda, nakupljanje tekućine u tjelesnim šupljinama (peritonitis, ascites, ruptura mokraćnog mjehura, uvrtnje crijeva), zatim hiperlipidemija, hiperproteinemija i hiperglikemija koji uzrokuju lažnu hiponatrijemiju. Rjeđi uzroci hiponatrijemije u organizmu su zadržavanje vode s normalnim efektivnim cirkulirajućim volumenom, u koje pripadaju polidipsija, bolesti bubrega i sindrom neprimjerenog lučenja antidiuretskog hormona (Syndrome of Inappropriate Antidiuretic Hormone, SIADH) (Smith, 2009.).

### Hipernatrijemija

Do hipernatrijemije može doći u početnim stadijima proljeva, povraćanja ili bubrežnih oboljenja ako je gubitak vode veći od gubitka elektrolita. Kada se gubitak vode u organizmu nadoknadi povećanim uzimanjem vode, uspješnim zadržavanjem vode bubrezima ili pak oboje, koncentracija natrija u serumu opada. Nedostatna količina krmiva i vode kod zdravih goveda često dovodi do smanjenog izlučivanja mokraće i izmeta, ali kontinuirani gubitak vode putem kože i dišnog sustava može uzrokovati hipernatrijemiju. U tom slučaju hipernatrijemija je posljedica primarnog gubitka vode. Privremena hipernatrijemija se može pojaviti i kao posljedica viška natrija nakon davanja fiziološke otopine ili natrijevog bikarbonata ako je unos vode smanjen ili ograničen. Do hipernatrijemije dolazi kod teladi kojima se kao jedini izvor tekućine daje neprimjereno pripravljena otopina za nadopunu elektrolita u organizmu. Slučaj prekomjernog nakupljanja soli u organizmu podrazumijeva i nastanak hipernatrijemije, a posljedica je nedostatnog uzimanja vode kod životinja koje unose velike količine soli hranom (Smith, 2009.).

## **Kalij ( $K^+$ )**

Na koncentraciju kalija u serumu djeluju čimbenici koji utječu na unutarnju ravnotežu, odnosno raspodjelu kalija između izvanstanične i unutarstanične tekućine te čimbenici koji mijenjaju vanjsku ravnotežu, što se odnosi na unos i izlučivanje kalija. Promjene u koncentraciji kalija u serumu očituju se različitim kliničkim simptomima, a imaju značajno djelovanje na živčano-mišićni sustav, što je često posljedica promjena membranskog potencijala u stanicama (Smith, 2009.).

Odgovori organizma na dehidraciju i narušavanje acido-bazne ravnoteže često otežavaju procjenu koncentracije kalija. Primjer toga je telad s akutnim proljevom kod koje često nastaje nedostatak kalija u organizmu uslijed prekomjernih gubitaka i nedovoljnog unosa, no koncentracija kalija u serumu ovih životinja je uglavnom u fiziološkim granicama ili čak povišenim, zbog otkazivanja bubrega i metaboličke acidoze koju uzrokuju dehidracija, nedostatak natrija i hipovolemija (Smith, 2009.).

Smith (2009.) navodi da je mjerenje koncentracije kalija u eritrocitima vrlo jednostavan postupak koji se preporuča kao metoda za procjenu nadopune kalija kod životinja s određenim bolestima mišića. Međutim, istraživanja pokazuju da utvrđivanje koncentracije kalija u eritrocitima nije uvijek točan pokazatelj nedostatka kalija.

## **Hipokalijemija**

Hipokalijemija može biti posljedica gubitka iz tjelesnih rezervoara kalija ili preraspodjele i prelaska kalija iz prostora izvanstanične u prostor unutarstanične tekućine. Često je u vezi s promjenama unosa i apsorpcije kalija te prekomjernim gubicima kalija iz probavnog sustava uzrokovanim vagalnom indigestijom, torzijom sirišta, ileusom ili proljevom. Značajno izlučivanje putem bubrega može nastupiti uslijed viška mineralokortikoida, određenih diuretika ili poremećene funkcije bubrega (Smith, 2009.).

Hipokalijemija bez gubitka kalija iz organizma nastaje kod premještanja izvanstaničnog kalija u unutarstanični prostor. Ovakav oblik hipokalijemije nastaje kao odgovor na akutnu alkalozu i na injekciju inzulina ili glukoze. Brzo primanje natrijevog bikarbonata može stvoriti alkalozu s naglim nastankom hipokalijemije. Životinje s

umjernim nedostakom kalija kojima se daje natrijev bikarbonat u cilju korekcije postojeće blage metaboličke acidoze mogu biti sklone ovom problemu (Smith, 2009.).

### Hiperkalijemija

Hiperkalijemija se može razviti *in vitro* kao posljedica hemolize ili istjecanja kalija iz eritrocita prilikom pohrane krvi, bez razdvajanja seruma ili plazme. Potencijalni uzrok hiperkalijemije je otpuštanje kalija iz leukocita ili trombocita u serum nakon stvaranja ugruška, ukoliko su prisutne leukocitoza ili trombocitoza (Smith, 2009.).

Poremećaji kao što su akutni prestanak rada bubrega ili potpuno otkazivanje bubrega, te Addisonova bolest mogu također uzrokovati hiperkalijemiju zbog zadržavanja kalija u bubrezima.

Postoje brojni čimbenici koji dovode do premještanja unutarstaničnog kalija u izvanstanični prostor što uzrokuje hiperkalijemiju. Hiperkalijemija se često javlja kod metaboličke acidoze, pogotovo u kombinaciji sa otkazivanjem bubrega. Također hiperkalijemija se javlja kod životinja s obilnom mišićnom nekrozom. Osim toga, privremena hiperkalijemija može nastati kod životinja koje su pretrpjele kratkotrajni, ali intenzivan napor, vjerojatno zbog nakupljanja mliječne kiseline u mišićima. U tom slučaju koncentracija kalija se vraća na normalne vrijednosti kroz nekoliko minuta (Smith, 2009.).

### Natrij-kalij pumpa

Natrij-kalij pumpa održava visoku razinu  $K^+$  i nisku razinu  $Na^+$  unutar stanice za što joj je potrebna energija u obliku adenozin trifosfata (ATP) (Block, 1994.). Obzirom da je glukoza glavni izvor energije za stanice, usporenje natrij-kalij pumpe bi onemogućilo stanicama da funkcioniraju punim potencijalom, a primjer koji ukazuje na izrazitu važnost tog mehanizma je mliječna žlijezda koja koristi velike količine glukoze za sintezu laktoze. Naime, višak jednog kationa u odnosu na drugi uzrokuje usporavanje pumpe jer stanice troše više energije na pumpanje, te dobivaju manje glukoze, ili pak uzrokuje ubrzanje

pumpe iznad normalne razine uslijed čega nastaju visoke potrebe za energijom u svrhu održavanja same stanice (Afzaal i sur., 2004.).

Kada je  $\text{Cl}^-$  u suvišku u odnosu na  $\text{Na}^+$ , on se apsorbira u zadnjem dijelu tankog crijeva u zamjenu za  $\text{HCO}_3^-$  kako bi se održala elektro-neutralnost. Ako manjak  $\text{Na}^+$  dovede do apsorpcije  $\text{NaCl}$ , prekomjerno istjecanje  $\text{HCO}_3^-$  iz krvi može uzrokovati acidotično stanje. Obrnuto tome, ukoliko je prisutan višak  $\text{Na}^+$  u odnosu na  $\text{Cl}^-$ , odvija se izmjena hranom unesenog  $\text{Na}^+$  u crijevima s  $\text{H}^+$  ionima iz krvi, što dovodi do metaboličke alkaloze. Tako prema Leachu (1979.)  $\text{Na}^+$  ima alkalogeni efekt na organizam.

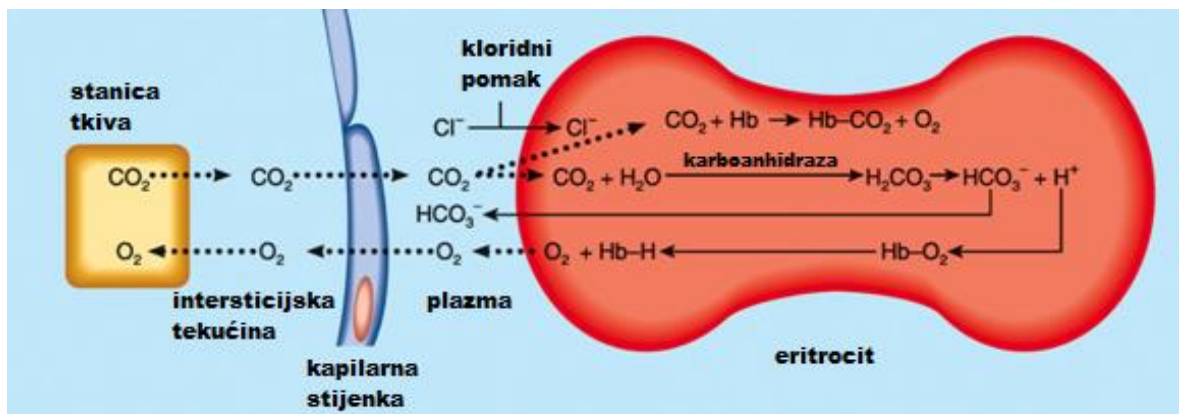
### **Klor ( $\text{Cl}^-$ )**

Promjene u koncentraciji klora često su gotovo proporcionalne s promjenama u koncentraciji natrija, koje su posljedica promjene ravnoteže vode u organizmu. Uz to, koncentracija klora mijenja se obrnuto proporcionalno s koncentracijom bikarbonata.

Prema tome, kada se pojave disproporcionalne promjene koncentracije klora, potrebno je predvidjeti značajne promjene acido-bazne ravnoteže. Disproporcionalna povećanja koncentracije klora u odnosu na koncentraciju natrija povezana su s hiperkloremijskom metaboličkom acidozom, ali su često i rezultat kompenzirajućih odgovora na primarnu respiratornu alkalozu. Disproporcionalna smanjenja koncentracije klora u odnosu na natrij specifično se odvijaju kod metaboličke alkaloze, ali mogu nastati i kao posljedica kompenzirajućih mehanizama na kroničnu primarnu respiratornu acidozu. Hipokloremijska metabolička alkalozna je česta pojava kod preživača s probavnim poremećajima, a uzrokuju je gubitak tekućina bogatih klorom ili izlučivanje takvih tekućina u sirište i predželuze (Smith, 2009.).

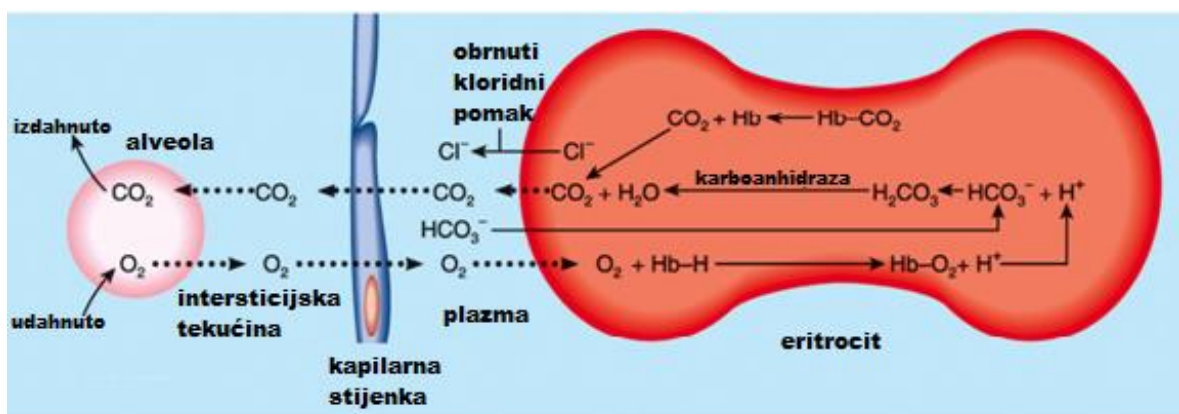
Osnovni proteinski pufer krvi je kalijeva sol oksihemoglobina ( $\text{KHbO}_2$ ) u eritrocitima. Kako tkivni  $\text{CO}_2$  difundira iz tkivnih stanica u kapilare, reagira s vodom u prisutstvu enzima karboanhidraze te u eritrocitima nastaje ugljikovodična kiselina (Slika 1). Dio ugljikovodične kiseline ulazi u plazmu, a ostatak stupa u reakciju sa  $\text{KHbO}_2$ , te nastaje  $\text{HCO}_3^-$ , čime se oslobađa molekula  $\text{O}_2$  i  $\text{K}^+$  ion iz  $\text{KHbO}_2$ .  $\text{H}^+$  je vezan hemoglobinskim puferskim sustavom.  $\text{HCO}_3^-$  ulazi u plazmu izmjenjujući se sa  $\text{Cl}^-$ . U

plazmi se stvara natrijev bikarbonat, a  $\text{Cl}^-$  u eritrocitima se neutralizira sa  $\text{K}^+$  otpuštenim u izmjeni  $\text{HCO}_3^-$  i  $\text{Cl}^-$ . Reakcija je reverzibilna u plućima gdje se  $\text{Cl}^-$  otpušten nazad u plazmu, neutralizira sa  $\text{Na}^+$  otpuštenim prilikom ponovnog ulaska  $\text{HCO}_3^-$  u eritrocit kako bi se uklonio  $\text{CO}_2$  pri disanju (Slika 2). Ova izmjena naziva se kloridni pomak. Ako ovi ioni nisu u ravnoteži, moguća je pojava alkaloze ili acidoze preko nedovoljne izmjene  $\text{H}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$ . (Afzaal i sur., 2004.).



Slika 1. Izmjena  $\text{O}_2$  i  $\text{CO}_2$  u tkivnim kapilarama

Izvor: <https://www.studyblue.com/notes/note/n/respiratory-i/deck/1585572>



Slika 2. Izmjena  $\text{O}_2$  i  $\text{CO}_2$  u plućima

Izvor: <https://www.studyblue.com/notes/note/n/respiratory-i/deck/1585572>

## 2.5. POREMEĆAJI ACIDO-BAZNE RAVNOTEŽE

Poremećaji acido-bazne ravnoteže očituju se u nastanku acidoze ili alkaloze, koje mogu biti respiratornog ili metaboličkog tipa. Acidoza je stanje koje se očituje povećanjem koncentracije  $H^+$  iona, odnosno padom vrijednosti pH, dok je alkalozna stanje uzrokovano smanjenjem koncentracije  $H^+$ , odnosno porastom pH (Tablica 1) (Smith, 2009.).

Kada je poremećaj acido-bazne ravnoteže uzrokovan promjenom koncentracije  $HCO_3^-$  iona, riječ je o metaboličkom poremećaju. Kao što je prikazano u Tablici 1, kompenzirajući mehanizam za to stanje je djelovanje dišnog sustava koje mijenja  $p(CO_2)$ , kako bi uravnotežilo primarni poremećaj ravnoteže, te djelomično vratilo pH vrijednost na normalnu (Smith, 2009.).

Za utvrđivanje većine metaboličkih acido-baznih poremećaja koriste se uzorci venske krvi, dok se kod respiratornih poremećaja uzimaju uzorci arterijske krvi (Smith, 2009.).

Analiza plinova u krvi bi trebala biti odrađena što prije nakon prikupljanja uzoraka. Međutim, pravilno uzeti uzorci mogu dati pouzdane rezultate i 4 sata poslije ako se drže u ledu. Potrebno je prikupiti podatke o rektalnoj temperaturi koje će u laboratoriju poslužiti za korekciju rezultata s obzirom na tjelesnu temperaturu. Promjene tjelesne temperature značajno djeluju na parcijalni tlak kisika i ugljikovog dioksida, ali nemaju veći učinak na utvrđivanje bikarbonata ili bazne ravnoteže. Tijekom kratkotrajnog, ali intenzivnog napora temperatura centralne venske krvi može nadmašiti rektalnu temperaturu čak za  $3^{\circ}C$ . U takvom slučaju, temperatura centralne venske krvi je pouzdaniji čimbenik u ispravljanju vrijednosti krvnih plinova u odnosu na rektalnu temperaturu. Mjesto uzorkovanja krvi također ima značajan utjecaj na utvrđivanje vrijednosti plinova u krvi. Prema tome, razlikuje se prikupljanje uzoraka venske, arterijske i kapilarne krvi. Uzorci arterijske krvi daju više vrijednosti za pH i niže vrijednosti za  $p(CO_2)$  u odnosu na vensku krv, no vrijednosti koncentracije  $HCO_3^-$  su više u venskoj krvi (Smith, 2009.).

Tablica 1. Metabolički poremećaji acido-bazne ravnoteže i kompenzirajući odgovori (Smith, 2009.)

Poremećaj	pH	[H <sup>+</sup> ]	Primarni poremećaj	Kompenzirajući odgovor
Metabolička acidoza	↓	↑	↓ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	↓ p(CO <sub>2</sub> )
Metabolička alkalozia	↑	↓	↑ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	↑ p(CO <sub>2</sub> )

[H<sup>+</sup>] - koncentracija vodikovog iona; [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] – koncentracija bikarbonata; p (CO<sub>2</sub>) – parcijalni tlak ugljikovog dioksida.

### Metabolička acidoza

Kao što je ranije navedeno, metabolička acidoza je stanje koje se očituje padom vrijednosti pH i koncentracije HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, odnosno nastaje nakupljanjem H<sup>+</sup> i izlučivanjem HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iona. Najčešći uzroci metaboličke acidoze podrazumijevaju acidozu buraga, hipovolemiju uzrokovanu gubitkom tekućina iz organizma, ketozu, graviditetnu toksemiju, gubitak HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iz sline uzrokovan bolestima usne šupljine ili ezofagostomijom, gubitak bikarbonata iz probavnog sustava kao posljedica proljeva i disfunkciju bubrega što može imati za posljedicu smanjenje sposobnosti izlučivanja H<sup>+</sup>, prema tome i zadržavanja HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iona (Smith, 2009.).

Drugi uzroci mogu biti unošenje određenih otrovnih tvari u organizam, kao što su salicilat, metanol, etilen glikol ili paraldehidi. Povećano disanje osigurava kompenzirajući odgovor dišnog sustava na metaboličku acidozu, dok opadanje p(CO<sub>2</sub>) obično počinje unutar nekoliko minuta. Ovo privremeno smanjuje pad pH u krvi, no dugoročno zaustavljanje metaboličke acidoze zahtijeva zadržavanje bikarbonata bubrezima te povećano izlučivanje H<sup>+</sup> iona. Potpuno balansiranje metaboličke acidoze može biti problem kod životinja s poremećenom funkcijom bubrega, odnosno bolestima poput renalne tubularne acidoze koja onemogućuje bubrezima izlučivanje kiseline i/ili zadržavanje bikarbonata u organizmu (Smith, 2009.).

## Metabolička alkalozia

Metabolička alkalozia je stanje koje se očituje porastom pH vrijednosti i koncentracije bikarbonata. Nastaje često kod domaćih životinja, osobito tijekom probavnih poremećaja kod preživača. Pojava metaboličke alkaloze općenito se smatra posljedicom prekomjernog gubitka  $H^+$ , zadržavanja  $HCO_3^-$  ili kontrakcijske alkaloze. Kontrakcijska alkalozia javlja se pri smanjenom volumenu izvanstanične tekućine zbog gubitka ili izlučivanja tekućina bogatih elektrolitima poput  $Na^+$  i  $Cl^-$ , ali bez proporcionalnog gubitka  $HCO_3^-$  (Smith, 2009.).

Najčešći uzroci povećanog gubitka  $H^+$  kod preživača su nakupljanje tekućina u sirištu i predželucima što se događa kod gastrointestinalnih dislokacija te funkcionalnih poremećaja poput vagalne indigestije. Većina ovakvih poremećaja dovodi do značajne dehidracije organizma te gubitka elektrolita poput  $Na^+$ ,  $K^+$  i  $Cl^-$  (Smith, 2009.).

Jedan od glavnih razloga održavanja stanja metaboličke alkaloze je smanjeno izlučivanje  $HCO_3^-$  bubrezima, što je povezano s odgovorom bubrega na smanjene vrijednosti u efektivnom cirkulirajućem volumenu tekućine, te gubitkom  $Cl^-$  i  $K^+$ . Fiziološki odgovor na nastalu hipovolemiju, odnosno smanjeni obujam krvi u krvotoku očituje se povećanom tubularnom reapsorpcijom  $Na^+$  u bubrezima (Smith, 2009.).

Održavanje elektro-neutralnosti zahtijeva da resorpcija  $Na^+$  u proksimalnom tubulu bude u pratnji s resorbirajućim anionom, dok je u distalnom tubulu reapsorpcija  $Na^+$  povezana sa sekrecijom drugog kationa, što je obično  $H^+$  ili u manjoj mjeri  $K^+$ .  $Cl^-$  je jedini resorbirajući anion prisutan u adekvatnoj količini u proksimalnim tubulima (Smith, 2009.).

Koncentracija  $HCO_3^-$  u plazmi je kod metaboličke alkaloze povećana, a koncentracija  $Cl^-$  obično je smanjena uslijed disproporcionalnih gubitaka  $Cl^-$ . Relativni nedostatak resorbirajućeg klorida u proksimalnom tubulu dozvoljava većoj koncentraciji  $Na^+$  da dospije do distalnog tubula, u kojem aldosteron i drugi čimbenici povećavaju gubitak  $H^+$  i  $K^+$  u tubularnom lumenu u zamjenu za  $Na^+$ . Izlučivanje  $K^+$  smanjuje ili eliminira izmjenu  $K^+$  u cilju zadržavanja  $Na^+$ , te omogućuje veće istjecanje u izmjeni  $H^+$ . Kako je izlučivanje  $H^+$  bubrezima povezano s reapsorpcijom  $HCO_3^-$ , višak  $HCO_3^-$  se ne može eliminirati te organizam ostaje u stanju metaboličke alkaloze. Ovo je razlog nastanka paradoksalne acidurije kod nekih životinja s metaboličkom alkalozom, koje u tom slučaju odgovaraju na intravenozno davanje otopina bogatih  $Cl^-$  i  $K^+$  (Smith, 2009.).



Kompenzirajući mehanizam dišnog sustava na pojavu metaboličke alkaloze je hipoventilacija koja dovodi do povećanja  $p(\text{CO}_2)$ . Prekomjerno unošenje bikarbonata je dodatni potencijalni uzrok metaboličke alkaloze. Većina zdravih životinja je sposobna tolerirati veće doze bikarbonata, a višak se brzo uklanja iz organizma putem bubrega. Međutim, životinje sa smanjenim vrijednostima u efektivnom cirkulirajućem volumenu tekućina, pogotovo u kombinaciji s manjkom kalija ili klora, možda nisu u mogućnosti podnijeti opterećenje izazvano bikarbonatima, obzirom da im je bubrežna funkcija izlučivanja viška bikarbonata vrlo vjerojatno narušena (Smith, 2009.).

### **Kombinacija poremećaja acido-bazne ravnoteže**

Poremećaji acido-bazne ravnoteže mogu se kod domaćih životinja javiti u kombinaciji, u slučaju kada je u organizmu prisutno dva ili više primarnih acido-baznih poremećaja. Ovakve situacije važno je predvidjeti za ispravno tumačenje vrijednosti dobivenih pri mjerenju plinova u krvi. Tako se istovremeno mogu očitovati i metabolička acidoza i alkalozna, a uz to se svaka ili obje mogu javiti u kombinaciji s respiratornom acidozom ili alkalozom. Postoje određeni čimbenici koji pomažu u utvrđivanju neke od mogućih kombinacija acido-baznih poremećaja: (1) kompenzirajući odgovori na primarne acido-bazne poremećaje stvaraju prekomjerne vrijednosti; (2) zatim kompenzirajući odgovori rijetko ispravljaju pH na normalne vrijednosti, tako da će normalan pH ukazivati na kombinaciju poremećaja acido-bazne ravnoteže; (3) zatim promjene pH vrijednosti u smjeru suprotnom od očekivanog za neki primarni poremećaj također su indikator kombinacije poremećaja acido-bazne ravnoteže; (4) koncentracija  $\text{HCO}_3^-$  i  $p(\text{CO}_2)$  uvijek odstupaju u istom smjeru kod primarnih acido-baznih poremećaja, no odstupanja ovih parametara u suprotnim smjerovima upućuju na prisutnost kombinacije poremećaja ravnoteže; (5) promjena u anionskom procjepu koja ne dostiže promjenu u koncentraciji bikarbonata također je indikator kombinacije poremećaja acido-bazne ravnoteže (Smith, 2009.).

## 2.6. ANIONI PROCIJEP

Utvrđivanje anionskog procjepa ima izrazitu važnost u određivanju uzroka poremećaja acido-bazne ravnoteže, pogotovo kod životinja s probavnim poremećajima. Računa se kao razlika između glavnih kationa ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ) i mjerenih aniona ( $\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-$ ). Referentne vrijednosti anionskog procjepa kreću se između 12 do 16, te približno označavaju takozvane „nemjerene anione“. Riječ je o anionima koji se ne određuju rutinskim laboratorijskim analizama, a primjer nemjerenih aniona su negativno nabijeni proteini plazme poput albumina, zatim sulfat, fosfat, laktat, ketoni i brojni drugi anorganski anioni. Referentne vrijednosti anionskog procjepa razlikuju se među pojedinim vrstama, a unutar vrste postoje i dobne razlike (Constable i sur., 2008.).

Hipoalbuminemija i hiperkloremijska metabolička acidoza su najčešći uzroci smanjenja anionskog procjepa nastalog smanjenjem nemjerenih aniona. Uzrok niske do normalne vrijednosti anionskog procjepa kod hiperkloremijske metaboličke acidoze može se utvrditi određivanjem koncentracije  $\text{K}^+$  u serumu. Smith (2009.) navodi kako se kod životinja s hiperkloremijskom metaboličkom acidozom koje imaju renalnu tubularnu acidozu ili gube tekućine putem probavnog sustava često razvija hipokalijemija, dok se hiperkalijemija javlja kod životinja sa smanjenim lučenjem mineralokortikoida ili sa zatajivanjem bubrega.

Niske vrijednosti anionskog procjepa također se mogu pojaviti zbog prekomjernog unosa vode koju uzrokuju smanjena koncentracija bjelancevina i promjene relativnih koncentracija natrija i klora u plazmi.

Acidoza koja se očituje visokim anionskim procjepom najčešće je povezana s nakupljanjem metabolizirajuće kiseline poput mliječne kiseline uslijed anaerobnog metabolizma, prekomjernog konzumiranja žitarica ili hipovolemijskog šoka. Tako su Constable i sur. (2008.) uspoređujući skupine zdravih i bolesnih krava, te zdrave i bolesne teladi utvrdili značajne korelacije između vrijednosti anionskog procjepa i koncentracije L-laktata.

Laboratorijske analize za utvrđivanje koncentracije laktata mjere samo L-strukture laktata, iako fermentacijom mikroorganizama u buragu mogu nastati obje strukture, odnosno D i L-laktat. Naknadno je utvrđeno da je kod teladi hranjene mlijekom nakupljanje D-laktata glavni čimbenik primarne acidoze uz koju postoje i određeni

probavni poremećaji. Nažalost, utvrđivanje D-laktata zahtijeva posebne analize koje nisu uvijek dostupne (Smith, 2009.).

Ketoacidoza, uremična acidoza i trovanje s brojnim anionskim otrovnim tvarima uzrokuju povećanje koncentracije nemetabolizirajućih kiselina, koje su također uzrok povećanog anionskog procjepa. Kada se razvije metabolička acidoza s visokim anionskim procjepom, potrebno je obaviti temeljnu pretragu potencijalnih uzroka nakupljanja nemjerenih aniona (Smith, 2009.).

Mjerenje anionskog procjepa također je korisna metoda u utvrđivanju kombiniranih poremećaja acido-bazne ravnoteže. Na takve kombinacije treba posumnjati ukoliko promjena anionskog procjepa nije približna promjeni u koncentraciji bikarbonata. Povećanje anionskog procjepa može ukazivati na dehidraciju i kontrakcijsku alkalozu koju uzrokuju promjene koncentracije bjelancevina u plazmi i promjene u koncentraciji natrija i klora u plazmi (Smith, 2009.).

## **2.7. BIKARBONATI I UKUPNI UGLJIKOV DIOKSID**

Bikarbonati zauzimaju otprilike 95% mjerenog  $\text{CO}_2$ , prema tome ukupni  $\text{CO}_2$  ( $\text{tCO}_2$ ) ili „sadržaj  $\text{CO}_2$ “ u serumu ili plazmi omogućuje mjerenje metaboličkih promjena u acido-baznoj ravnoteži. Smanjene vrijednosti bikarbonata ili  $\text{tCO}_2$  očituju se kod metaboličke acidoze, a povećane su kod metaboličke alkaloze. Međutim, samo vrijednosti bikarbonata ili  $\text{tCO}_2$  daju nepotpunu sliku acido-bazne ravnoteže (Smith, 2009.).

## **2.8. PUFERSKI SUSTAVI**

Pufer je pojam koji opisuje sposobnost otopine da se opire promjeni pH vrijednosti kada se u nju doda jaka kiselina ili baza. U izvanstaničnim tekućinama sisavaca najvažniji je bikarbonatni puferski sustav, dok anorganski fosfati i proteini nemaju veliki značaj. Međutim, u unutarstaničnim tekućinama najzastupljeniji puferi su anorganski fosfati, te bikarbonati i unutarstanični proteini. Iako je unutarstanični pH vjerojatno značajniji od

izvanstaničnog za utvrđivanje fizioloških i kliničkih posljedica poremećene acido-bazne ravnoteže, vrlo ga je teško mjeriti *in vivo* (Reilly i Perazella, 2013.).

Postoje tri primarna sustava koji reguliraju koncentraciju  $H^+$  iona u tjelesnim tekućinama u svrhu prevencije nastanka acidoze ili alkaloze: (1) kemijski acido-bazni puferski sustav tjelesnih tekućina, koji odmah reagira sa kiselinom ili bazom kako bi spriječio prekomjerne promjene koncentracije  $H^+$  iona; (2) respiratorni centri koji reguliraju uklanjanje  $CO_2$ , a samim time i  $HCO_3^-$  iz izvanstanične tekućine; (3) bubrezi koji mogu izlučiti bilo kiseli ili lužnati urin, reducirajući tako koncentraciju  $H^+$  iona na normalnu razinu u izvanstaničnim tekućinama tijekom acidoze ili alkaloze (Guyton, 1986.).

Puferi imaju važnu ulogu u održavanju pH krvi. Preko puferskog sustava  $HCO_3^-/CO_2$  organizam ga može kontrolirati mijenjanjem parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida putem dišnog sustava ili metaboličkom kontrolom koncentracije  $HCO_3^-$  u krvi difuzijom kroz stanične membrane. Difuzija elemenata bikarbonatnog puferskog sustava uzrokuje promjenu pH u unutarstaničnim tekućinama prilikom promjena pH u izvanstaničnim tekućinama (Azfaal i sur, 2004.).

Pri procjeni acido-bazne ravnoteže koristi se izračun koji podrazumijeva puferske baze, standardni  $HCO_3^-$ , te višak ili manjak baza. Puferska baza se odnosi na zbroj svih puferskih aniona u krvi pri standardnim uvjetima. Standardni  $HCO_3^-$  su koncentracija bikarbonata u plazmi u uvjetima koji isključuju utjecaje dišnog sustava na utvrđene vrijednosti. Višak ili manjak baza često se izračunava u rutinskim procjenama acido-bazne ravnoteže, a pokazuju odstupanje bikarbonata od normalnih vrijednosti. Izračun manjka baze služi kao sredstvo procjene količine bikarbonata potrebne za balansiranje metaboličke acidoze. Procjena količine  $HCO_3^-$  računa se na način da se pomnoži manjak baze sa mogućom količinom bikarbonata u organizmu, što je 40% do 60% tjelesne mase, a jednadžba glasi:

$$\text{potrebni } HCO_3^- \text{ (mmol)} = \text{manjak baze (mmol)} * \text{tjelesna masa (kg)} * 0.5$$

(Smith, 2009.)

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. MATERIJAL

Istraživanje je provedeno na 20 muznih krava pasmine holstein tijekom prijelaznog razdoblja iz suhostaja u laktaciju. Životinje su hranjene obrocima prikladnim za proizvodno razdoblje. S obzirom na proizvodno razdoblje razlikovali su se obrok za krave u suhostaju i obrok za krave u laktaciji. Životinje su hranjene jedanput na dan, na podu hranidbenog hodnika.

Obrok krava u suhostaju sadržavao je dvije komponente. Osnovu obroka predstavljala je smjesa voluminoznih krmiva, a druga komponenta bila je smjesa koncentriranih krmiva. Svaka krava dobivala je po 2 kg koncentriranog dijela obroka.

Obrok krava u laktaciji činila je potpuna krmna smjesa (Total Mixed Ration, TMR). Višak nekonsumiranog obroka preostalog od prethodnog dana, svako iduće jutro je bio uklonjen i nadomješten novim TMR-om. Na svakih 100 kg smjese umiješan je 1 kg premiksa koji je sadržavao: vitamin A (E672), vitamin D<sub>3</sub> (E672), vitamin E,  $\alpha$ -tokoferol, kobalt E3, jod, selen, bakar E4, mangan E5, željezo E1, cink E6, magnezij i sumpor.

Tablica 2. Sastav obroka krava u suhostaju i laktaciji

Suhostaj		Laktacija	
Sastav obroka	Masa (kg)	Sastav obroka	Masa (kg)
Sjenaža	6	Silaža	24
Slama	6	Sjenaža	10
Repini rezanci	5	Sijeno	1
Smjesa GKM-2	2	Repini rezanci	10
		Smjesa GKM-2	11

Tablica 3. Sirovinski sastav krmnih smjesa krava u suhostaju i laktaciji

Suhostaj		Laktacija	
Krmivo	Udio suhe tvari (%)	Krmivo	Udio suhe tvari (%)
Kukuruz	45,9	Kukuruz	50
Sačma soje	5	Ječam	12,2
Soja ekstrudirana	19	Pšenične posije	4,5
Sačma suncokreta	14	Soja tostirana	25,5
Sačma uljane repice	10	Pogača suncokreta	2
MgSO <sub>4</sub>	1,5	Stočna sol	2
Stočna kreda	1	Stočna kreda	2
Fosfonal	0,5	Fosfonal	0,8
Benural	2	Benural	0,5
BMK-S	1,1	BMK-S	0,5
Selen	Selenit 0,3 ppm	Selen	Selenit 0,3 ppm
UKUPNO	100	UKUPNO	100

### 3.2. METODE

Analizom hrane na kraju pokusnog razdoblja utvrđen je kemijski sastav i energetska vrijednost voluminoznog dijela obroka i krmnih smjesa krava u suhostaju te kemijski sastav i energetska vrijednost TMR-a kojim su hranjene krave u laktaciji. Dobivene vrijednosti prikazane su u Tablici 4.

Tablica 4. Kemijski sastav i energetska vrijednost obroka krava u suhostaju i laktaciji.

	Suhostaj		Laktacija
Hranjiva tvar (%)	Krmna smjesa	Voluminozni dio	TMR
Suha tvar	88,9	32,7	36,5
Sirove bjelančevine	22,57	7,82	15,77
Sirova vlaknina	7,2	37,5	22,4
Sirovi pepeo	7,64	6,24	7,77
Sirova mast	5,5	1,7	2,1
Mg	0,56	0,15	0,25
Ca	0,55	0,37	0,49
P	0,55	0,24	0,5
BE MJ/kg ST	16,85	18,34	18,15

BE – ukupna energija, izražena u MJ/kg ST

Životinjama je uzeta krv putem epruveta s heparinom kao antikoagulansom. Tijekom pokusnog razdoblja uzorci krvi prikupljali su se od svake životinje po četiri puta. Tako je prvo uzorkovanje provedeno 10 dana prije teljenja, drugo na dan teljenja, zatim treće uzorkovanje 20. dana laktacije, a četvrto 40. dana laktacije.

Krv je uzeta iz repne vene (*vena caudalis*) te nakon uzimanja spremljena u prijenosni hladnjak do dolaska u laboratorij.

U laboratoriju je na acido-baznom analizatoru (RapidLab 348®, Siemens, Njemačka) određen pH pune krvi te ostali pokazatelji acido-bazne ravnoteže: parcijalni tlak ugljikova dioksida, parcijalni tlak kisika, te koncentracije Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup>, zatim koncentracija standardnih bikarbonata, višak baza, anionski procjep, koncentracija ukupnog ugljikovog dioksida i zasićenost krvi kisikom.

Utvrđeni rezultati obrađeni su pomoću statističkog programa StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA. Razlike između srednjih vrijednosti promatranih vremenskih razdoblja testirane su pomoću testa ponovljenih mjerenja (Repeated Measures Test), te Fisherovim *post hoc* testom.

## 4. REZULTATI

Analizom uzoraka krvi krava prikupljenih u suhostaju, odnosno 10 dana prije očekivanoga teljenja, zatim na dan teljenja, te u laktaciji, odnosno 20. i 40. dana laktacije, utvrđeni su sljedeći rezultati.

Tablica 5. Pokazatelji acido-bazne ravnoteže u krvi krava tijekom suhostaja i laktacije

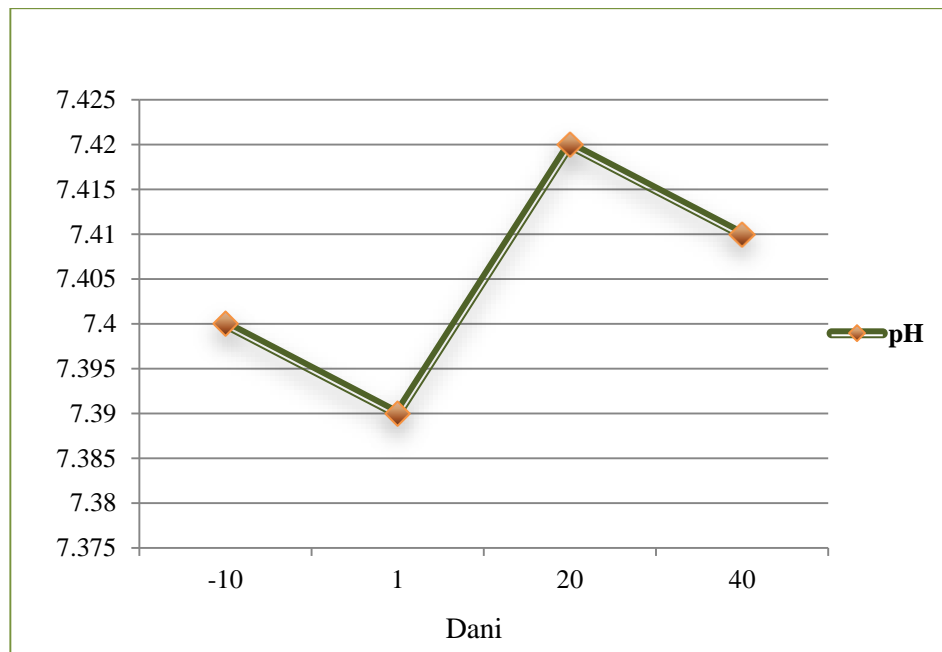
Pokazatelj	-10. dan	1. dan	20. dan	40. dan	p-vrijednost
pH	7,4±0,04	7,39±0,03	7,42±0,03	7,41±0,04	0,076563
pCO <sub>2</sub> , kPa	7,15±0,85	7,14±1,06	6,98±1,43	6,9±1,13	0,942713
pO <sub>2</sub> , kPa	6,19±4,08	6,02±3,5	7,54±4,88	7,02±4,8	0,764838
[Na <sup>+</sup> ], mmol/L	140,79 <sup>ac</sup> ±2,02	142,52 <sup>a</sup> ±3,3	138,64 <sup>bc</sup> ±3,43	137,15 <sup>b</sup> ±4,82	0,000237
[K <sup>+</sup> ], mmol/L	4,33±0,33	4,22±0,3	4,17±0,26	4,23±0,35	0,482158
[Cl <sup>-</sup> ], mmol/L	99,37 <sup>a</sup> ±2,27	99,67 <sup>a</sup> ±2,82	95,18 <sup>b</sup> ±7,6	94,95 <sup>b</sup> ±2,21	0,000738
Hematokrit, %	30,42 <sup>a</sup> ±2,32	31,24 <sup>a</sup> ±2,59	29,95 <sup>a</sup> ±5,93	29,2 <sup>b</sup> ±2,19	0,000001
[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ], mmol/L	29,91±1,95	28,48±1,94	30,67±4,97	29,27±1,69	0,154111
BE, mmol/L	6,58±1,89	5,05±2,06	7,12±5,01	5,88±1,82	0,200540
[tCO <sub>2</sub> ], mmol/L	34,09±1,61	32,74±2,54	33,1±2,87	33,06±2,43	0,537724
AnProc	13,21±1,91	15,92±2,81	14,95±2,9	15±4,47	0,123940
O <sub>2</sub> sat, %	69,37±14,95	68,78±15,95	74,19±18,9	68,25±22,8	0,766443

pCO<sub>2</sub> - parcijalni tlak ugljikovog dioksida; pO<sub>2</sub> - parcijalni tlak kisika; [Na<sup>+</sup>] – koncentracija natrijevih iona; [K<sup>+</sup>] – koncentracija kalijevih iona; [Cl<sup>-</sup>] – koncentracija kloridnih iona; [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] – koncentracija bikarbonatnih iona; BE(B) – višak baza; [tCO<sub>2</sub>] – koncentracija ukupnog ugljikovog dioksida; AnProc – anionski procjep; O<sub>2</sub>sat – zasićenost krvi kisikom

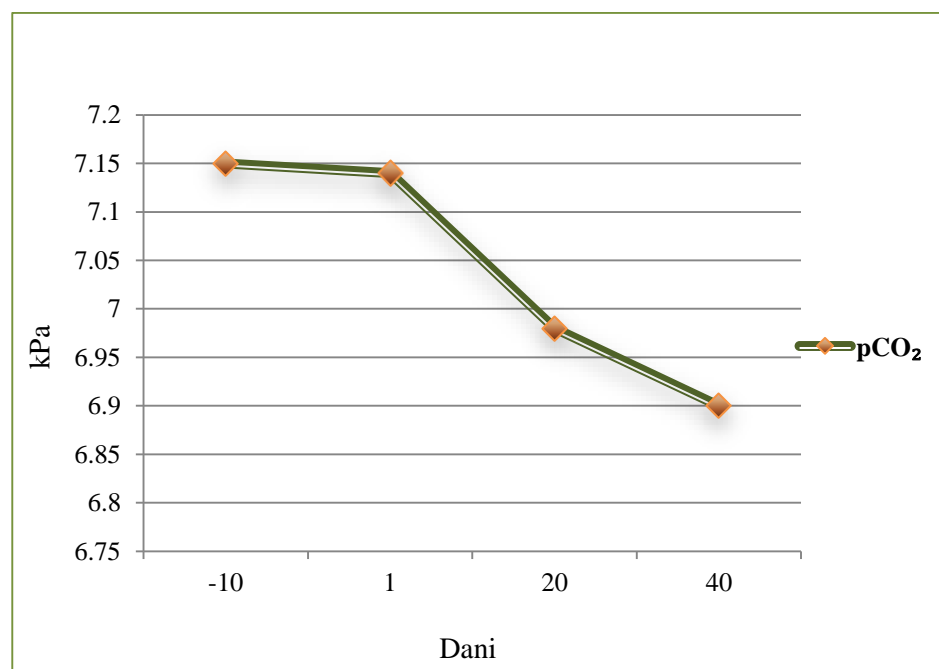
Rezultati mjerenja acido-bazne ravnoteže 10 dana prije teljenja, na dan teljenja, te 20. i 40. dana laktacije prikazani su kao srednja vrijednost ± S.D. Značajne razlike između srednjih vrijednosti promatranih razdoblja označene su superskriptima a,b,c P<0,05 (Tablica 5).



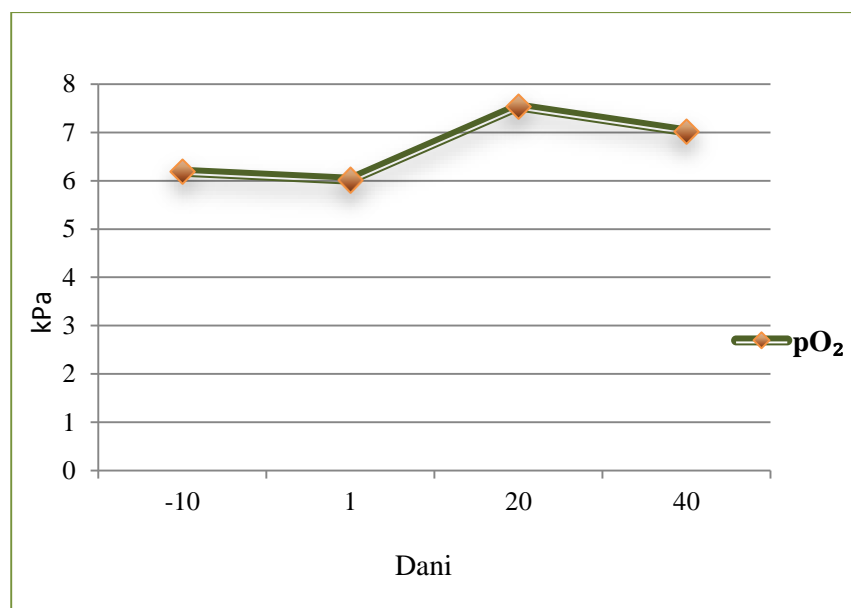
Krave su 20. dana laktacije (7,42) imale najvišu vrijednost pH krvi u odnosu na ostale dane, a najniži pH izmjeren je na dan teljenja (7,39) (Tablica 5, Grafikon 1). Parcijalni tlak ugljikovog dioksida bio je veći 10 dana prije teljenja (7,15 kPa) i na dan teljenja (7,14 kPa) u odnosu na 20. i 40. dan laktacije (6,98 i 6,9 kPa) (Tablica 5, Grafikon 2). Obrnuto tome, vrijednosti parcijalnog tlaka kisika bile su veće kod krava 20. i 40. dana laktacije u odnosu na razdoblje prije teljenja, a najveća vrijednost parcijalnog tlaka kisika utvrđena je 20. dana laktacije (7,54 kPa) u odnosu na ostale dane (6,19; 6,02 i 7,02 kPa) (Tablica 5, Grafikon 3). Koncentracija natrija bila je značajno veća ( $p=0,000237$ ) dan nakon teljenja (142,52 mmol/L) u odnosu na 20. i 40. dan laktacije (138,64 i 137,15 mmol/L). Koncentracija natrija također je bila značajno veća deset dana prije teljenja (140,79 mmol/L) u odnosu na 40. dan laktacije (137,15 mmol/L) (Tablica 5, Grafikon 4). Najmanja koncentracija kalija utvrđena je kod krava 20. dana laktacije (4,17 mmol/L), u odnosu na ostale dane mjerenja (4,33; 4,22 i 4,23 mmol/L) (Tablica 5, Grafikon 5). Koncentracije klora u krvi krava 10 dana prije teljenja (99,37 mmol/L) i na dan teljenja (99,67 mmol/L) bile su značajno veće ( $p=0,000738$ ) u odnosu na približno jednake koncentracije 20. i 40. dana laktacije (95,18 i 94,95 mmol/L) (Tablica 5, Grafikon 6). Vrijednost hematokrita u krvi krava 40. dana laktacije (29,2%) bila je značajno manja ( $p=0,000001$ ) u odnosu na vrijednosti utvrđene deset dana prije teljenja, na dan teljenja i 20. dana laktacije (30,42; 31,24 i 29,95%) (Tablica 5, Grafikon 7). Koncentracija standardnih bikarbonata bila je najmanja kod krava na dan teljenja (28,48 mmol/L) u odnosu na ostale dane (29,91; 30,67 i 29,27 mmol/L) (Tablica 5, Grafikon 8). Sukladno tome, najmanji višak baza utvrđen je na dan teljenja (5,05 mmol/L) u odnosu na druge dane (6,58; 7,12 i 5,88 mmol/L) (Tablica 5, Grafikon 9). Koncentracija ukupnog ugljikovog dioksida bila je najveća kod krava 10 dana prije teljenja (34,09 mmol/L), a najmanja na dan teljenja (32,74 mmol/L) u odnosu na približno jednake vrijednosti utvrđene 20. i 40. dana laktacije (33,1 i 33,06 mmol/L) (Tablica 5, Grafikon 10). Najmanja vrijednost anionskog procjeka izmjerena je 10 dana prije teljenja (13,21), a najveća na dan teljenja (15,92) (Tablica 5, Grafikon 11). Zasićenost krvi kisikom bilo je najveće 20. dana laktacije (74,19%) u odnosu na 10. dan prije teljenja, dan teljenja i 40. dan laktacije (69,37; 68,78 i 68,25%) (Tablica 5, Grafikon 12).



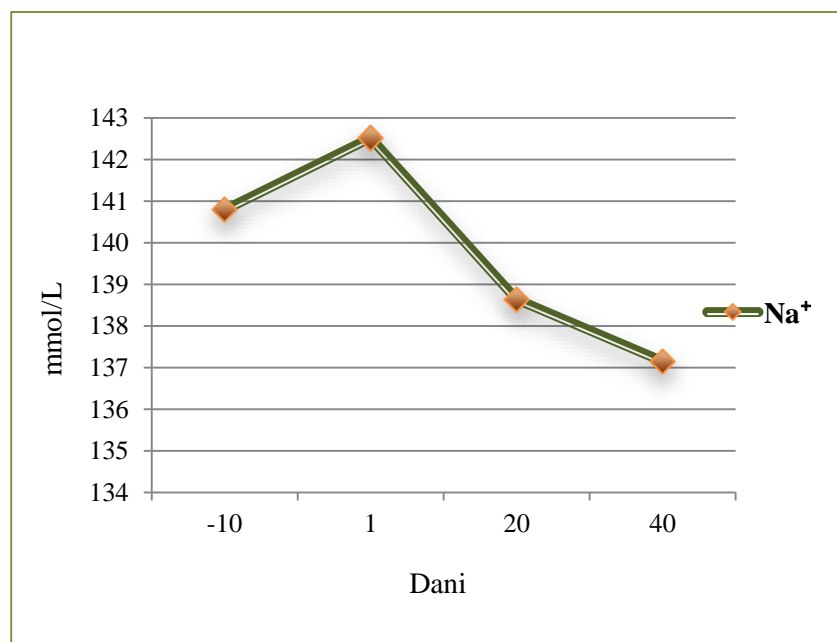
Grafikon 1. pH vrijednost u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



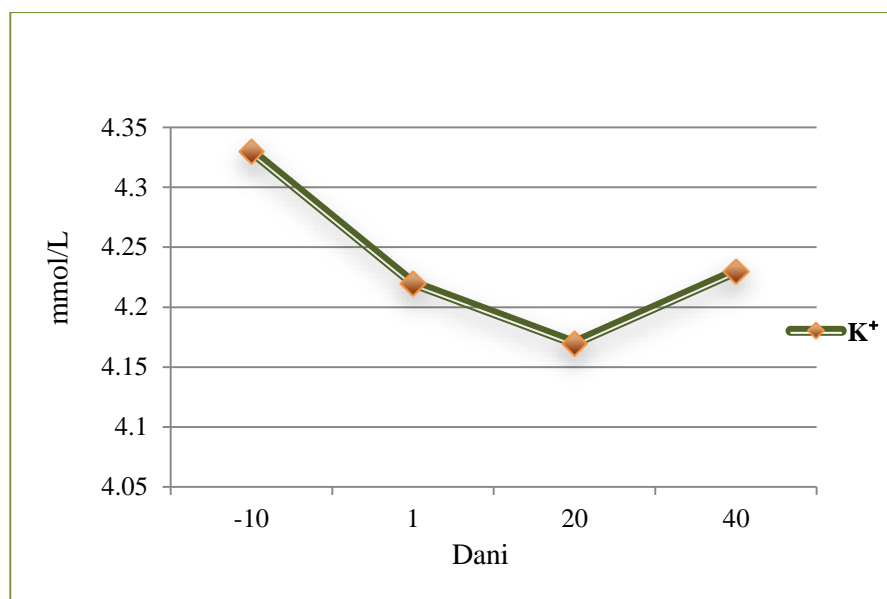
Grafikon 2. Parcijalni tlak ugljikovog dioksida u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



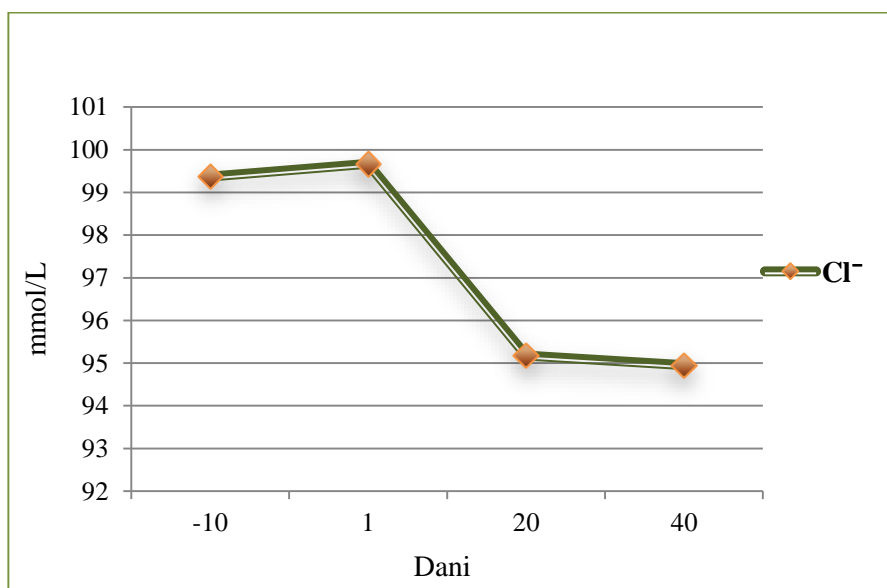
Grafikon 3. Parcijalni tlak kisika u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



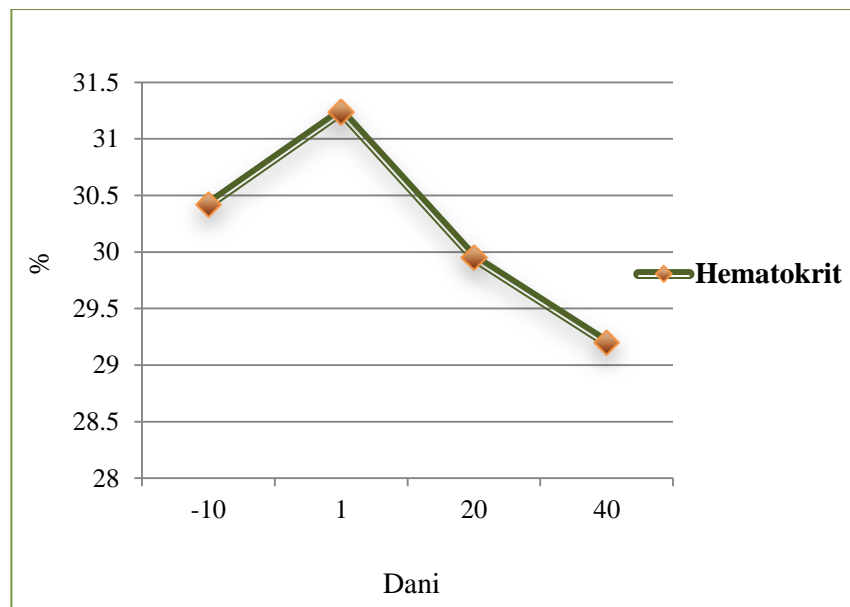
Grafikon 4. Koncentracija natrijevih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



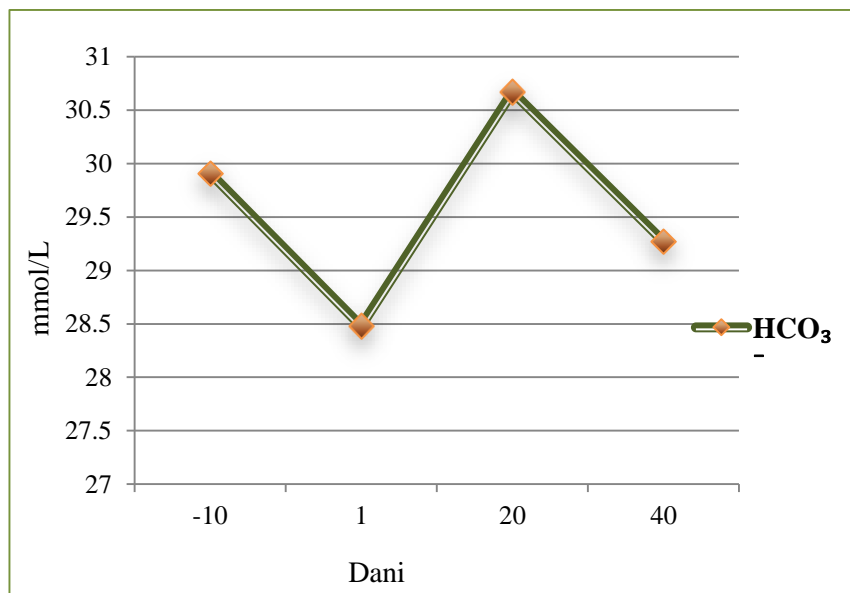
Grafikon 5. Koncentracija kalijevih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



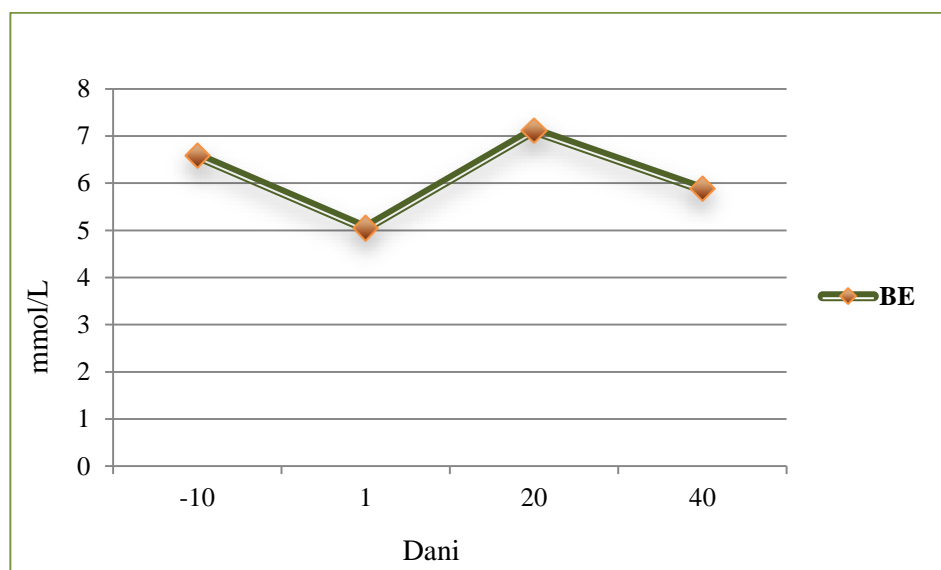
Grafikon 6. Koncentracija kloridnih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



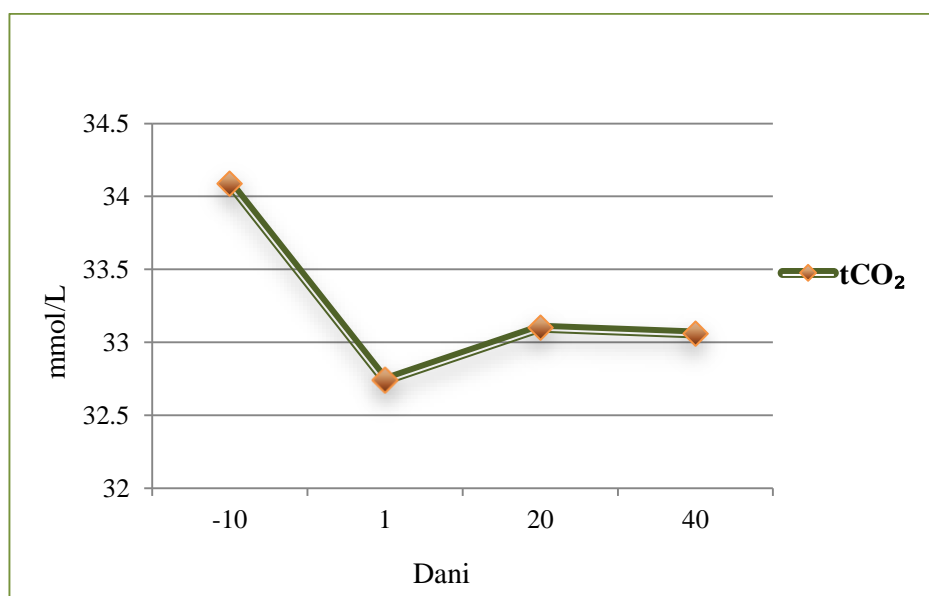
Grafikon 7. Vrijednost hematokrita u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



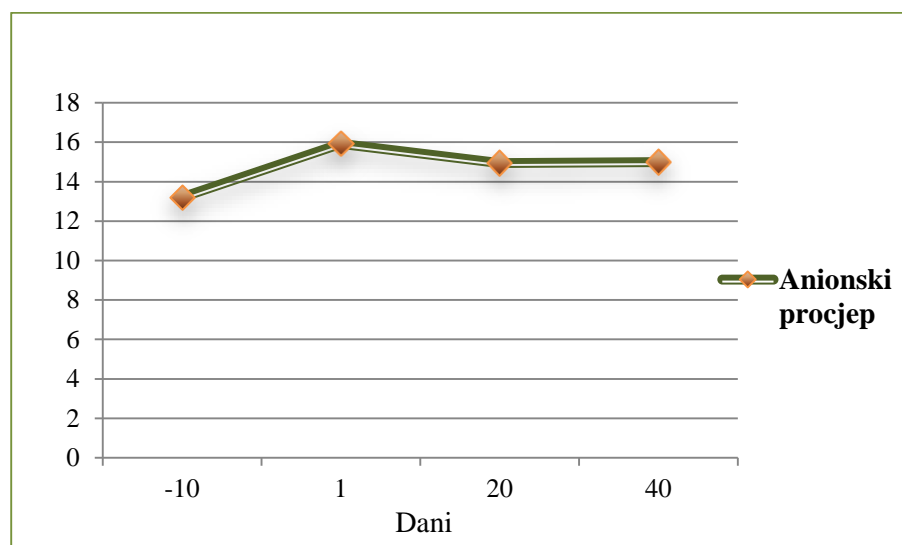
Grafikon 8. Koncentracija bikarbonatnih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



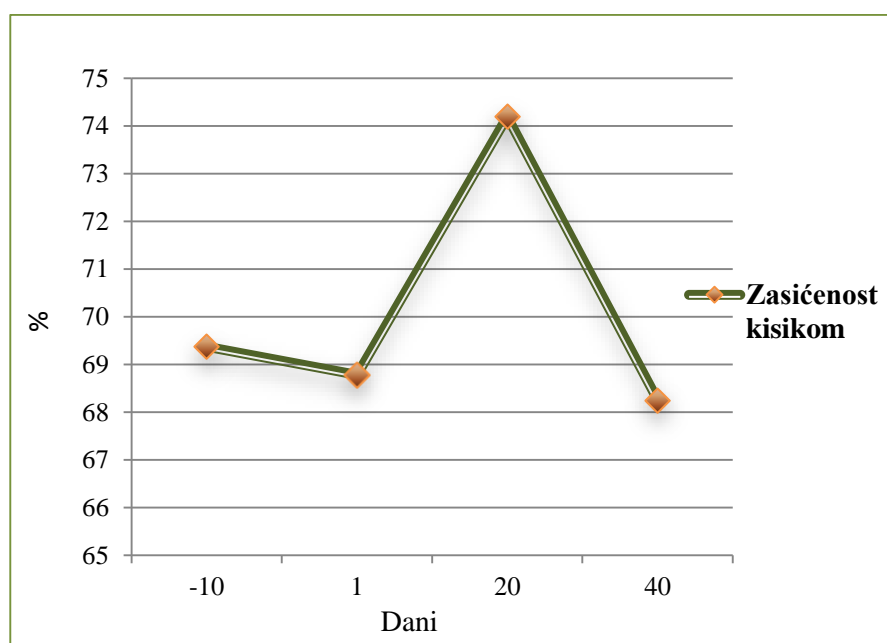
Grafikon 9. Višak baza u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



Grafikon 10. Koncentracija ukupnog ugljikovog dioksida u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



Grafikon 11. Anionski procjep u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja



Grafikon 12. Zasićenost krvi kisikom u krava tijekom prijelaznog razdoblja

## 5. RASPRAVA

Najveće promjene utvrđenih vrijednosti očitovale su se na dan teljenja u odnosu na sve ostale dane. Vrijednost pH na dan teljenja bila je najniža, a u skladu s time bio je i najmanji višak baza. S obzirom da su pH vrijednosti i višak baza bili najniži na dan teljenja, anionski procjep je pri tom mjerenju bio najviši. Također najveća vrijednost pH, a ujedno i najveći višak baza utvrđeni su 20. dana laktacije. Koncentracija standardnih bikarbonata također je bila u skladu s odnosom pH i viška baza, tako da je bila najmanja na dan teljenja, a najveća 20. dana laktacije. Koncentracije natrijevih i kloridnih iona, te vrijednost hematokrita bile su najviše na dan teljenja, a najniže 40. dana laktacije. Od parcijalnih tlakova plinova u krvi, koncentracija ukupnog ugljikovog dioksida i parcijalni tlak ugljikovog dioksida imali su najveće vrijednosti 10 dana prije teljenja. Zasićenost krvi kisikom bila je najveća 20. dana laktacije, isto kao i parcijalni tlak kisika.

Usporedbom razdoblja suhostaja i laktacije, veće vrijednosti acido-baznih parametara u suhostaju utvrđene su za parcijalni tlak ugljikovog dioksida, koncentraciju natrijevih, kalijevih i kloridnih iona, zatim vrijednost hematokrita, te ukupnu koncentraciju ugljikovog dioksida. Veće vrijednosti tijekom laktacije u odnosu na suhostaj utvrđene su za pH i parcijalni tlak kisika.

pH vrijednost 10 dana prije teljenja bila je 7,4, a Razzaghi i sur. (2012.) su u svome istraživanju 12 dana prije teljenja utvrdili pH krvi krava holstein pasmine 7,81. S obzirom na to da je cilj njihovog istraživanja bio utvrditi acido-bazne parametre pri obrocima s različitim DCAB vrijednostima, ova razlika u pH krvi možda je rezultat hranidbe s većim odnosom kationa i aniona u obrocima kod navedenih autora.

Wildman i sur. (2007.) su utvrđivali acido-bazne parametre u krvi krava holstein pasmine oko 40. dana laktacije uspoređujući različite udjele sirovih bjelančevina u obrocima. U njihovom istraživanju način hranidbe bio je isti, krave su hranjene jednom dnevno, u jutarnjim satima, također s TMR smjesom. Udio sirovih bjelančevina u našem



istraživanju bio je 15,77 %, a kod Wildmana i sur. 15% te su 40. dana laktacije utvrdili sličnu vrijednost pH (7,46) u odnosu na našu (7,41).

Slično istraživanje proveli su Hu i sur. (2007a.), kod kojih je udio sirovih bjelančevina u obrocima krava bio 16%, a vrijednost pH 44. dana laktacije bila je 7,38, odnosno nešto niža od one koju smo utvrdili 40. dana laktacije u ovom istraživanju (7,41). Isti autori (Hu i sur., 2007b.) provodili su još jedno istraživanje na kravama holstein pasmine koje su imale isti način hranidbe i sličan sastav obroka. Mjerenja su provodili jednom tjedno između 6. – 47. dana laktacije, a prosječna pH vrijednost u tom razdoblju iznosila je 7,4, što je gotovo identično našim pH vrijednostima utvrđenim 20. (7,42) i 40. dana laktacije (7,41).

Koncentracija natrijevih iona 10 dana prije teljenja bila je 140,79 mmol/L, a nešto nižu vrijednost dobili su Razzgahi i sur. (2012.) u svom istraživanju 12 dana prije teljenja (138,36 mmol/L).

Fettman i sur. (1984.) istraživali su učinak dodatka natrijevog bikarbonata u obrocima krava pasmine holstein na početku laktacije. Određivali su acido-bazne pokazatelje i uspoređivali ih s rezultatima krava hranjenih kontrolnim obrocima, odnosno obrocima u kojima nisu bili dodani bikarbonati ili kloridne soli. Tako su 20. dana laktacije kod krava hranjenih kontrolnim obrocima utvrdili koncentraciju natrija u krvi koja je iznosila 138,7 mmol/L, koja je gotovo jednaka koncentraciji natrija utvrđenoj u našem istraživanju prilikom mjerenja na 20. dan laktacije (138,64 mmol/L).

40. dana laktacije utvrđena je koncentracija  $\text{Na}^+$  iona 137,15 mmol/L, koja je bila izrazito manja od one utvrđene 40. dana laktacije (142,92 mmol/L) kod Wildmana i sur. (2007.), gdje je i pH bio nešto viši nego u našem istraživanju. Međutim, koncentracija  $\text{Na}^+$  iona 40. dana laktacije bila je viša u odnosu na koncentraciju koju su utvrdili Hu i sur. (2007.a) 44. dana laktacije kod krava koje su imale 16 % sirovih bjelančevina u obrocima (132,2 mmol/L), isto kao i pH vrijednosti, što je vjerojatno rezultat veće količine kationa apsorbiranih iz hrane kod krava u našem istraživanju.

Hu i sur (2007.b) su u razdoblju između 6. – 47. dana laktacije utvrdili srednju vrijednost za koncentraciju  $\text{Na}^+$  koja je iznosila 132,7 mmol/L, što je znatno manje u odnosu na srednje vrijednosti utvrđene u našem istraživanju za 20. dan (138,64 mmol/L) i 40. dan laktacije (137,15 mmol/L).

Utvrđene vrijednosti koncentracije kalijevih iona u krvi krava u našem istraživanju bile su veće u odnosu na vrijednosti drugih autora. Tako smo 10 dana prije teljenja utvrdili veću koncentraciju kalija (4,33 mmol/L) u odnosu na onu koju su Razzaghi i sur. (2012.) utvrdili 12 dana prije teljenja (4,16 mmol/L) kod krava sa visokim odnosom kationa i aniona u obrocima. Osim toga, koncentracija kalija u krvi krava utvrđena 20. dana laktacije (4,17 mmol/L) u našem istraživanju bila je veća u odnosu na onu koju su utvrdili Fettman i sur. (1984.) 20. dana laktacije kod krava hranjenih kontrolnim obrocima (4,0 mmol/L). Koncentracija kalija utvrđena 40. dana laktacije iznosila je 4,23 mmol/L, te je veća u odnosu na rezultate drugih autora: 4,08 mmol/L (Wildman i sur., 2012.), 4,11 mmol/L prilikom 44. dana laktacije (Hu i sur, 2007.a), te prosječno 4,01 mmol/L u razdoblju između 6. - 47. dana laktacije u istraživanju koje su također proveli Hu i sur. (2007.b).

Utvrđene koncentracije klorida u krvi krava u našem istraživanju razlikovale su se od rezultata drugih autora. Tako je 10 dana prije teljenja utvrđena koncentracija  $\text{Cl}^-$  99,37 mmol/L, a Razzaghi i sur. (2012.) su 12 dana prije teljenja utvrdili 93,56 mmol/L, te su svi određivani kationi i anioni u krvi krava u našem istraživanju imali blago povišene vrijednosti u odnosu na njihove rezultate. Kao što je ranije navedeno, Fettman i sur. (1984.) su ispitivali učinak obroka s dodacima kloridnih soli. U kontrolnim obrocima bez dodanih kloridnih ili bikarbonatnih soli utvrdili su približno jednaku koncentraciju  $\text{Cl}^-$  u krvi krava 20. dana laktacije (95,5 mmol/L) u odnosu na vrijednost utvrđenu za isti dan u našem istraživanju (95,18 mmol/L). Međutim, koncentracija  $\text{Cl}^-$  koju smo utvrdili u krvi krava 40. dana laktacije (94,95 mmol/L) bila je manja u odnosu na rezultate drugih autora. Naime, Wildman i sur. (2007.) su kod krava s istim načinom hranidbe i sličnim sastavom obroka, u kojem je udio sirovih bjelančevina bio 15%, utvrdili oko 40. dana laktacije 101,1 mmol/L klora u krvi, a Hu i sur. (2007.a) su u svom istraživanju gdje je udio sirovih bjelančevina u obrocima bio 16% utvrdili 44. dana laktacije koncentraciju klora 97,1 mmol/L.

Koncentracija standardnih bikarbonata utvrđena 40. dana laktacije (29,27 mmol/L) u našem istraživanju bila je veća u odnosu na koncentraciju utvrđenu 44. dana laktacije (28,4 mmol/L) u istraživanju koje su proveli Hu i sur. (2007.a), ispitujući učinak odnosa kationa i aniona ( $\text{DCAB}=47$ ), te sirovih bjelančevina (16%) u obroku. Sukladno tome, višak baza u njihovom istraživanju imao je gotovo polovičnu vrijednost 44. dana laktacije (3,1 mmol/L) u odnosu na višak baza u našem istraživanju utvrđenu 40. dana

laktacije (5,88 mmol/L). Međutim, vrijednost anionskog procjepa u istom istraživanju (11,4) bila je izrazito manja u odnosu na vrijednost utvrđenu u našem istraživanju za 40. dan laktacije (15,0), što je vjerojatno posljedica većih koncentracija kationa ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) u našem istraživanju u odnosu na istraživanje navedenih autora.

Hagemoser i Löfstedt (1981.) navode raspone normalnih vrijednosti acido-baznih pokazatelja, prikazanih u Tablici 6.

Tablica 6. Referentne vrijednosti acido-baznih pokazatelja u krvi krava (Hagemoser i Löfstedt, 1981.)

Pokazatelj	Referentni raspon
pH	7,39 – 7,51
$\text{HCO}_3^-$ , mmol/l	21,8 – 32,6
BE, mmol/l	-1,4 – +9,0

$\text{HCO}_3^-$  - koncentracija bikarbonata; BE – višak baza

Usporedbom referentnih vrijednosti (Tablica 6) i vrijednosti utvrđenih u istraživanju, može se uočiti da su pH vrijednosti (7,4; 7,39; 7,42 i 7,41) za sve dane bile unutar referentnih granica. Može se istaknuti jedino pH vrijednost na dan teljenja (7,39), koja ujedno čini donju fiziološku granicu. Koncentracija standardnih bikarbonata (29,91; 28,48; 30,67 i 29,27 mmol/L) također je ostala za sve dane unutar fizioloških vrijednosti, no vrijednosti su bile bliže gornjoj fiziološkoj granici. Isto kao pH i standardni bikarbonati, višak baza (6,58; 5,05; 7,12 i 5,88 mmol/L) također je pri svim mjerenjima ostao unutar referentnih granica.

Kao što je ranije navedeno, najveće promjene u vrijednostima acido-baznih pokazatelja utvrđene su na dan teljenja. Naime, pred porod zbog veličine teleta maternica vrši određeni pritisak na pluća što uzrokuje smanjen obim dišnih pokreta. Upravo to može biti razlog za najmanje utvrđene vrijednosti parcijalnog tlaka kisika prije teljenja i na dan teljenja. Sukladno tome, zasićenost krvi kisikom također je bila najmanja na dan teljenja. Suprotno parcijalnom tlaku kisika, utvrđene su najveće vrijednosti parcijalnog tlaka ugljikova dioksida u razdoblju prije teljenja i na dan teljenja. U razdoblju nakon teljenja

uočljiva je regulacija plinova u krvi, iz razloga što više ne postoji pritisak maternice na pluća.

Vrijednost hematokrita izrazito je porasla jedino na dan teljenja. Razlog za povećano otpuštanje eritrocita u cirkulaciju može biti kompenzacija gubitka krvi prilikom poroda.

Obzirom da je hipoventilacija karakteristična za stanje acidoze, najniža pH vrijednost utvrđena je također na dan teljenja. U vezi s time je višak baza čije se promjene odvijaju sukladno s promjenama pH vrijednosti, jer se baze troše na neutralizaciju kiselina u organizmu. U razdoblju nakon teljenja također dolazi do regulacije pH vrijednosti, ujedno i porasta viška baza.

Za stanje acidoze također su karakteristična smanjenja koncentracija standardnih bikarbonata i ukupnog ugljikovog dioksida. Kako je utvrđeni pH na dan teljenja na granici sa acidozom, sukladno tome utvrđene su i najmanje vrijednosti koncentracije bikarbonata, kao i koncentracije ukupnog ugljikovog dioksida.

Promjene u koncentracijama bikarbonata i klorida obrnuto su proporcionalne. Zbog smanjene koncentracije bikarbonata na dan teljenja, sasvim je očekivan porast koncentracije klorida, kojeg smo u našem istraživanju utvrdili na dan teljenja. Osim toga, promjene u koncentraciji klorida proporcionalne su promjenama koncentracije natrija u krvi, pa smo u skladu s time utvrdili i porast koncentracije natrija na dan teljenja. U razdoblju nakon teljenja uočljiv je pad koncentracija utvrđivanih kationa i aniona, moguće zbog oporavka organizma i regulacije fizioloških funkcija.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj istraživanja bio je odrediti acido-baznu ravnotežu u krvi krava holstein pasmine tijekom prijelaznog razdoblja iz suhostaja u ranu laktaciju. Usporedbom srednjih vrijednosti acido-baznih pokazatelja uočene su najveće promjene na dan teljenja u odnosu na ostale dane. Određeni pokazatelji acido-bazne ravnoteže su u međusobnoj korelaciji, tako da su i promjene bile očekivane, na primjer pH vrijednost koja je bila najniža na dan teljenja, uvjetovala je i najniži višak baza taj dan, kao i najvišu vrijednost anionskog procjepa. Isto tako, u razdoblju prije teljenja i pri teljenju, postojao je pritisak maternice na pluća, što je uzrokovalo hipoventilaciju, te ujedno i najmanji parcijalni tlak kisika, te najveće vrijednosti parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida u navedenom razdoblju. Nakon teljenja dolazi do regulacije plinova u krvi. Niska vrijednost pH na dan teljenja povezana je sa smanjenjem koncentracije standardnih bikarbonata i ukupnog ugljikovog dioksida. Kako je koncentracija bikarbonata u negativnoj korelaciji sa koncentracijom klora, na dan teljenja utvrđen je porast koncentracije klora u krvi krava. Osim toga, koncentracija klora je u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom natrija, te je sukladno tome utvrđen i porast koncentracije natrija u krvi krava na dan teljenja. U razdoblju nakon teljenja utvrđeno je opadanje koncentracija natrija i klora, kao i porast pH vrijednosti, viška baza, koncentracije bikarbonata i ukupnog ugljikovog dioksida, a razlog tome može biti oporavak organizma nakon teljenja i regulacija fizioloških funkcija.

U odnosu na vrijednosti utvrđene u istraživanjima drugih autora, utvrdili smo slične vrijednosti kod više pokazatelja. Međutim, teško je utvrditi točan razlog za mala odstupanja uspoređujući vlastite rezultate s rezultatima drugih autora za pojedine acido-bazne pokazatelje. Jedan od razloga može biti različiti odnos kationa i aniona apsorbiranih iz hrane, koji imaju veliki utjecaj na sveukupno acido-bazno stanje organizma.

Važno je napomenuti da je većina vrijednosti utvrđenih u našem istraživanju ostala unutar referentnih granica, što upućuje da krave nisu podlegle nastanku ozbiljnijih metaboličkih poremećaja tijekom prijelaznog razdoblja. Može se izdvojiti najniži pH na

dan teljenja koji je iznosio 7,39, te ide u smjeru blage acidoze, no svakako čini donju normalnu granicu te ga nije moguće definirati kao acidozu.

Obzirom da hranidba ima veliki utjecaj na ukupnu acido-baznu ravnotežu u organizmu, važno joj je posvetiti veliku pažnju kako bi se izbjegao rizik od pojave metaboličkih poremećaja. Naime, unos lako fermentirajućih ugljikohidrata uzrokuje pad pH vrijednosti buragova sadržaja ispod normalne razine, što dovodi do visokog rizika od nastanka kliničke acidoze buraga, ujedno i rizika od pojave sekundarnih metaboličkih oboljenja. Krave koje se oporavljaju od takvih oboljenja imaju smanjene proizvodne mogućnosti, odnosno nisu u stanju postići maksimum proizvodnje mlijeka, što se također ekonomski loše odražava. Prevencija nastanka ovakvih poremećaja podrazumijeva ograničavanje visoko energetske obroka, kao i hranidbu krmivima visoke kakvoće. Kako je većina vrijednosti acido-baznih pokazatelja tijekom prijelaznog razdoblja ostala unutar referentnih vrijednosti u našem istraživanju, može se zaključiti da je i hranidba pokusnih životinja bila adekvatna, odnosno u skladu fizioloških potreba životinja tijekom navedenog razdoblja.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Azfaal, D., Nisa, M., Khan, M. A., Sarwar, M. (2004.): A review on acid base status in dairy cows: Implications of dietary cation-anion balance. *Pakistan Veterinary Journal*, 24(4): 199-202.
2. Bethard, G., Stokes, S. Managing Transition Cows for Better Health and Production. Veljača, 2000. <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/25110/WREPNO149.pdf?sequence=1>. 15.04.2015.
3. Block, E. (1994.): Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77: 1437-1442.
4. Constable, P. D., Streeter, R. N., Koenig, G. J., Perkins, N. R., Gohar, H. M., Morin, D. E. (2008.): Determinants and Utility of the Anion Gap in Predicting Hyperlactatemia in Cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 11(2): 71-79.
5. DeGaris, P. J., Lean, I. J. (2008.): Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *The Veterinary Journal*, 176: 58–69.
6. Fettman, M. J., Chase, L. E., Bentinck-Smith, J., Coppock, C. E., Zinn, S. A. (1984.): Restricted Dietary Chloride with Sodium Bicarbonate Supplementation for Holstein Dairy Cows in Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 67(7): 1457-1467.
7. Gaynor, P. J., Mueller, F. J., Miller, J. K., Ramsey, N., Goff J. P., Horst, R. L. (1989.): Parturient hypocalcemia in Jersey cows fed alfalfa haylagebased diets with different cation to anion rations. *Journal of Dairy Science*, 72: 2525-2532.
8. Goff, J. P., Horst, R. L., Mueller, F. J., Miller, J. K., Kiess, G. A., Dowlen, H. H. (1991.): Addition of chloride to pre-partal diets high in cations increases 1,25-dihydroxy-vitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. *Journal of Dairy Science*, 74: 3863-3870.

9. Guyton, A. C. (1986.): Text book of Medical Physiology, 7th Edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia.
10. Hagemoser, W. A., Löfstedt, J. (1981.): Clinical Pathology Review: Bovine Blood Gas Analysis. Iowa State University Veterinarian, 43(1): 12-13.
11. Horst, R. L., Goff, J. P., Reinhardt, T. A., Buxton, D. R. (1997.): Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 80: 1269-1280.
12. Hu, W., Murphy, M. R., Constable, P. D., Block, E. (2007.a): Dietary Cation-Anion Difference and Dietary Protein Effects on Performance and Acid-Base Status of Dairy Cows in Early Lactation. Journal of Dairy Science, 90: 3355-3366.
13. Hu, W., Murphy, M. R., Constable, P. D., Block, E. (2007.b): Dietary Cation-Anion Difference Effects on Performance and Acid-Base Status of Dairy Cows Postpartum. Journal of Dairy Science, 90: 3367-3375.
14. Hu., W., Murphy, M. R. (2004.): Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: a meta-analysis. Journal of Dairy Science, 87(7): 2222-2229.
15. Iwaniuk, M. E., Weidman, A. E., Erdman, R. A. (2015.): The effect of dietary cation-anion difference concentration and cation source on milk production and feed efficiency in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 98(3): 1950-1960.
16. Jackson, J. A., Akay, V., Franklin, S. T., Aaron, D. K. (2000.): The effect of cation-anion requirement on feed intake, body weight gain and blood gasses and mineral concentrations of dairy calves. Journal of Dairy Science, 84: 197-205.
17. Jackson, J. A., Hopkins, D. M., Xin Z., Hemken, R. W. (1992.): Influence of cation anion balance on feed intake, body weight gain and humoral responses of dairy calves. Journal of Dairy Science, 75: 1281- 1288.
18. Leach, R. M. (1979.): Dietary electrolytes: story with many facets. Feedstuffs, 51: 27.
19. Oetzel, G. R., Fettman, M. J., Hamar, D. W., Olson, J. D. (1991.): Screening of anionic salts for palatability, effects on acid-base status, and urinary calcium excretion in dairy cows. Journal of Dairy Science, 74: 965-971.
20. Pehrson. B., Svensson, C., Gruvaeus, I., Virkki, M. (1999.): The influence of acidic diets on the acid-base balance of dry cows and the effect of fertilization on mineral content of grass. Journal of Dairy Science, 82: 1310- 1317.
21. Razzaghi, S., Aliarabi, H., Tabatabaei, M. M., Saki, A. A., Valizadeh, R., Zamani, P. (2012.): Effect of Dietary Cation-Anion Difference during Prepartum and



- Postpartum Periods on Performance, Blood and Urine Minerals Status of Holstein Dairy Cow. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(4): 486-495.
22. Reilly, R. F., Perazella, M. A. (2013.): *Nephrology in 30 Days*, 2nd Edition. U: Franks, A. M. i Shapiro, J. I. (ur.) *Metabolic Acidosis*. McGraw-Hill Medical. 89-108.
  23. Smith, B. P. (2009.): *Large Animal Internal Medicine*, 4th Edition. Clinical Chemistry Tests. Mosby Elsevier. Saint Louis, 380-390.
  24. Stewart, P. A. (1978.): Independent and dependent variables of acid-base control. *Respiration Physiology*, 33: 9-19.
  25. Takagi, H., Block, E. (1991.): Effects of reducing dietary cation anion balances on response to experimentally induced hypocalcemia in sheep. *Journal of Dairy Science*, 74: 4215-4224.
  26. Tucker, W. B., Harrison, G. A., Hemken, R. W. (1988.): Influence of dietary cation anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 71: 346-352.
  27. Tucker, W. B., Hogue, J. F. (1990.): Influence of sodium chloride or potassium chloride on systemic acid-base status, milk yield and mineral metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 73: 3485-3492.
  28. Tucker, W. B., Jackson, J. A., Hopkins, D. M., Hogue, J. F. (1991.): Influence of dietary sodium bicarbonate on the potassium metabolism of growing dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 74: 2296-2306.
  29. West, J. W., Mullinix, B. G., Sandifer, T. G. (1991.): Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *Journal of Dairy Science*, 74: 1662-1670.
  30. Wildman, C. D., West, J. W., Bernard, J. K. (2007.): Effect of Dietary Cation-Anion Difference and Dietary Crude Protein on Milk Yield, Acid-base Chemistry, and Rumen Fermentation. *Journal of Dairy Science* 90: 4693-4700.

## 8. SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je utvrditi acido-baznu ravnotežu u krvi krava holstein pasmine tijekom prijelaznog razdoblja. U svrhu toga prikupljeni su uzorci venske krvi 20 životinja s farme mliječnih krava koje su držane u istim uvjetima. Hranidba krava je bila prilagođena prijelaznom razdoblju. Tijekom pokusnog razdoblja uzorci su prikupljani četiri puta za svaku kravu, odnosno 10. dana prije teljenja, na dan teljenja, te 20. i 40. dana laktacije. U laboratoriju je pomoću acido-baznog analizatora određen pH pune krvi, a uz to su određeni i ostali pokazatelji acido-bazne ravnoteže te kemijska analiza hrane. Dobiveni rezultati obrađeni su statistički te prikazani kao srednje vrijednosti. Usporedbom srednjih vrijednosti acido-baznih pokazatelja uočene su najveće promjene na dan teljenja u odnosu na ostale dane. Određeni pokazatelji acido-bazne ravnoteže su u međusobnoj korelaciji, tako da su i promjene bile očekivane. U razdoblju nakon teljenja, krave se oporavljaju, te dolazi do normalizacije promjena koje su nastale pri teljenju. U odnosu na vrijednosti utvrđene u istraživanjima drugih autora, utvrdili smo slične vrijednosti kod više pokazatelja. Razlog za mala odstupanja naših rezultata u odnosu na rezultate drugih autora za pojedine acido-bazne pokazatelje može biti različiti odnos kationa i aniona apsorbiranih iz hrane, koji imaju veliko djelovanje na sveukupno acido-bazno stanje organizma. Većina vrijednosti utvrđenih u našem istraživanju ostala je unutar referentnih granica, što upućuje da krave nisu podlegle nastanku ozbiljnijih metaboličkih poremećaja tijekom prijelaznog razdoblja. Hranidba ima veliki utjecaj na ukupnu acido-baznu ravnotežu u organizmu, stoga joj je važno posvetiti veliku pažnju kako bi se izbjegao rizik od pojave metaboličkih poremećaja, kao što su dislokacija siriša i mliječna groznica. Ograničavanje visoko energetske hrane te hranidba krmivima visoke kakvoće mogu poslužiti kao prevencija nastanka ovakvih poremećaja.

*Ključne riječi:* acido-bazna ravnoteža, prijelazno razdoblje, promjene vrijednosti, metabolički poremećaji

## 9. SUMMARY

The aim of this study was to determine the acid-base status in the blood of Holstein cows during the transition period. Venous blood samples were collected from 20 animals at dairy farm, where all test animals were equally managed. Cows nutrition was also adjusted to transition period. Blood samples were collected 4 time for each cow, during trial period, i.e. 10 days pre-calving, calving day, 20th and 40th day post-calving. Full blood pH and other acid-base parameters values were obtained in laboratory with acid-base analyser. Results were calculated statistically and shown as mean values. By comparing the mean values of acid-base parameters we noticed the biggest changes in calving day compared to other days. As some parameters are in correlation, some changes were expected. In post-calving period, cows recovered from calving, so results showed regulation of changes that have occurred during calving. In relation to the values determined by other authors, we found similar values for several parameters. The reason for the small deviations in our results to the results of other authors for certain acid-base parameters could be due to different dietary cation-anion balance, which has a great effect on the overall body acid-base status. Most of the values determined in our study remained within reference intervals, suggesting that cows have not experienced occurrence of severe metabolic disorders during transition. Feeding has a big effect on the overall acid-base status in the body, therefore it is very important to give it attention in order to avoid the risks of metabolic disorders, such as abomasal displacement and milk fever. Limitation of high energy ratios, same as feeding high quality fodder can be used as prevention of these disorders.

*Key words:* acid-base status, transition period, change of values, metabolic disorders

## 10. POPIS TABLICA

*Stranica*

Tablica 1. Metabolički poremećaji acido-bazne ravnoteže i kompenzirajući odgovori (izvor: Smith, 2009.)	18
Tablica 2. Sastav obroka krava u suhostaju i laktaciji	24
Tablica 3. Sirovinski sastav krmnih smjesa krava u suhostaju i laktaciji	25
Tablica 4. Kemijski sastav i energetska vrijednost obroka krava u suhostaju i laktaciji	26
Tablica 5. Pokazatelji acido-bazne ravnoteže u krvi krava tijekom suhostaja i laktacije	27
Tablica 6. Referentne vrijednosti acido-baznih pokazatelja u krvi krava (izvor: Hagemoser i Löfstedt, 1981.)	38

## 11. POPIS SLIKA

*Stranica*

Slika 1. Izmjena O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u tkivnim kapilarama

(izvor: <https://www.studyblue.com/notes/n/respiratory-i/deck/1585572>) 16

Slika 2. Izmjena O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u plućima

(izvor: <https://www.studyblue.com/notes/n/respiratory-i/deck/1585572>) 16

## 12. POPIS GRAFIKONA

	<i>Stranica</i>
Grafikon 1. pH vrijednost u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	29
Grafikon 2. Parcijalni tlak ugljikovog dioksida u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	29
Grafikon 3. Parcijalni tlak kisika u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	30
Grafikon 4. Koncentracija natrijevih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	30
Grafikon 5. Koncentracija kalijevih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	31
Grafikon 6. Koncentracija kloridnih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	31
Grafikon 7. Vrijednost hematokrita u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	32
Grafikon 8. Koncentracija bikarbonatnih iona u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	32
Grafikon 9. Višak baza u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	33
Grafikon 10. Koncentracija ukupnog ugljikovog dioksida u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	33
Grafikon 11. Anionski procjep u krvi krava tijekom prijelaznog razdoblja	34
Grafikon 12. Zasićenost krvi kisikom u krava tijekom prijelaznog razdoblja	34

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Poljoprivredni fakultet u Osijeku  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Specijalna zootehnika

Diplomski rad

### ACIDO-BAZNA RAVNOTEŽA U KRVI KRAVA HOLSTEIN PASMINE TIJEKOM PRIJELAZNOG RAZDOBLJA

Marijana Jurić

#### Sažetak:

Cilj istraživanja bio je utvrditi acido-baznu ravnotežu u krvi krava holstein pasmine tijekom prijelaznog razdoblja. U svrhu toga prikupljeni su uzorci venske krvi 20 životinja sa farme mliječnih krava, koje se držane u istim uvjetima. Hranidba krava je također bila prilagođena prijelaznom razdoblju. Tijekom pokusnog razdoblja prikupljeni su uzorci po četiri puta za svaku kravu, odnosno 10. dana prije teljenja, na dan teljenja, te 20. i 40. dana laktacije. U laboratoriju je pomoću acido-baznog analizatora određen pH pune krvi, a uz to su određeni i ostali pokazatelji acido-bazne ravnoteže, te kemijska analiza hrane. Dobiveni rezultati obrađeni su statistički, te prikazani kao srednje vrijednosti. Usporedbom srednjih vrijednosti acido-baznih pokazatelja uočene su najveće promjene na dan teljenja u odnosu na ostale dane. Određeni pokazatelji acido-bazne ravnoteže su u međusobnoj korelaciji, tako da su i promjene bile očekivane. U razdoblju nakon teljenja, krave se oporavljaju, te dolazi do regulacije promjena koje su nastale pri teljenju. U odnosu na vrijednosti utvrđene u istraživanjima drugih autora, utvrdili smo slične vrijednosti kod više pokazatelja. Razlog za mala odstupanja naših rezultata u odnosu na rezultate drugih autora za pojedine acido-bazne pokazatelje može biti različiti odnos kationa i aniona apsorbiranih iz hrane, koji imaju veliko djelovanje na sveukupno acido-bazno stanje organizma. Većina vrijednosti utvrđenih u našem istraživanju ostala je unutar referentnih granica, što upućuje da krave nisu podlegle nastanku ozbiljnijih metaboličkih poremećaja tijekom prijelaznog razdoblja. Hranidba ima veliki utjecaj na ukupnu acido-baznu ravnotežu u organizmu, stoga joj je važno posvetiti veliku pažnju kako bi se izbjegao rizik od pojave metaboličkih poremećaja, kao što su dislokacija siriša i mliječna groznica. Ograničavanje visoko energetske obroka, te hranidba krmivima visoke kakvoće mogu poslužiti kao prevencija nastanka ovakvih poremećaja.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** Doc. dr. sc. Mislav Đidara

**Broj stranica:** 51

**Broj grafikona i slika:** 14

**Broj tablica:** 6

**Broj literaturnih navoda:** 30

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** acido-bazna ravnoteža, prijelazno razdoblje, promjene vrijednosti, metabolički poremećaji

**Datum obrane:** 23. rujna 2015.

#### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof. dr. sc. Marcela Šperanda, predsjednica
2. Doc. dr. sc. Mislav Đidara, mentor
3. Mirela Pavić dr. med. vet., član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer, University of Osijek**  
**Faculty of Agriculture**  
**University Graduate Studies, course Special Zootechnique**

**Graduate thesis**

### **BLOOD ACID-BASE BALANCE OF HOLSTEIN COWS DURING TRANSITION PERIOD**

Marijana Jurić

#### **Abstract:**

The aim of this study was to determine the acid-base status in the blood of Holstein cows during the transition period. Venous blood samples were collected from 20 animals at dairy farm, where all test animals were equally managed. Cows nutrition was also adjusted to transition period. Blood samples were collected 4 time for each cow, during trial period, i.e. 10 days pre-calving, calving day, 20th and 40th day post-calving. Full blood pH and other acid-base parameters values were obtained in laboratory with acid-base analyser. Results were calculated statistically and shown as mean values. By comparing the mean values of acid-base parameters we noticed the biggest changes in calving day compared to other days. As some parameters are in correlation, some changes were expected. In post-calving period, cows recovered from calving, so results showed regulation of changes that have occurred during calving. In relation to the values determined by other authors, we found similar values for several parameters. The reason for the small deviations in our results to the results of other authors for certain acid-base parameters could be due to different dietary cation-anion balance, which has a great effect on the overall body acid-base status. Most of the values determined in our study remained within reference intervals, suggesting that cows have not experienced occurrence of severe metabolic disorders during transition. Feeding has a big effect on the overall acid-base status in the body, therefore it is very important to give it attention in order to avoid the risks of metabolic disorders, such as abomasal displacement and milk fever. Limitation of high energy ratios, same as feeding high quality fodder can be used as prevention of these disorders.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** Doc. dr. sc. Mislav Đidara

**Number of pages:** 51

**Number of figures:** 14

**Number of tables:** 6

**Number of references:** 30

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** acid-base status, transition period, change of values, metabolic disorders

**Thesis defended on date:** 23rd September 2015

#### **Reviewers:**

1. Prof. dr. sc. Marcela Šperanda, president
2. Doc. dr. sc. Mislav Đidara, mentor
3. Mirela Pavić dr. med. vet., member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.